



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Análisis de partículas metálicas del aceite lubricante para la determinación del tipo de desgaste de los componentes móviles de un motor de combustión interna”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Jhon Arturo Ipanaque Pasache (ORCID: 0000-0001- 8486-4794)

ASESOR:

Dr. William Fernando Villareal Alvitres (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis profesores y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. A todos aquellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todo ellos dedico esta dedicatoria.

Jhon Arturo Ipanaque Pasache

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad César Vallejo, a sus docentes y personal administrativo por apoyarme y guiarme en el ámbito académico, logrando con ello que mis metas y deseos de desarrollo personal y profesional se hagan realidad.

Jhon Arturo Ipanaque Pasache

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jhon Arturo Ipanaque Pasache, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N°47221101, con el trabajo de investigación titulada:

“ANÁLISIS DE PARTÍCULAS METÁLICAS DEL ACEITE LUBRICANTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIPO DE DESGASTE DE LOS COMPONENTES MÓVILES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 25 de Junio del ,2020



Jhon Arturo Ipanaque Pasache
DNI: 47221101

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice	vi
Índice de figuras	viii
Índice de tablas	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Trabajos previos.....	10
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	19
1.3.1 Abrasión	19
1.3.2 Hierro fundido.....	20
1.3.3 Análisis de aceite para establecer su estado del motor	20
1.3.4 Estudio de los átomos de desgaste en aceites de motor	21
1.3.5 Ley de la viscosidad	23
1.4 Formulación del problema.....	24
1.5 Justificación del estudio.....	24
1.6 Hipótesis	25
1.7 Objetivos.....	25
1.7.1 Objetivo general	25
1.7.2 Objetivos específicos	25
II. MÉTODO	26
2.1 Diseño de investigación.....	26
2.2 Operacionalización de variables	26
2.3 Población y muestra.....	28
2.3.1 Población.....	28
2.3.2 Muestra.....	28
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	32
2.4.1 Técnicas.....	32
2.4.2 Instrumentos	32

2.4.3 Recojo de datos	35
2.4.4 Validez y confiabilidad	35
2.5 Métodos de análisis de datos	35
2.6 Aspectos éticos	35
III.RESULTADOS	36
3.1 Realizar un estudio de estado actual de operatividad y mantenimiento de la maquinaria y equipos	36
3.2 Determinación de los parámetros del lubricante y los niveles máximos permisibles de partículas sólidas en suspensión	40
3.3 Análisis de los valores del aceite extraído de motores, mediante un protocolo previamente definido	43
3.4 Relación cuantitativa del análisis de aceite y desgastes de los elementos.....	47
IV.DISCUSIÓN	53
V. CONCLUSIONES	54
VI.RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	58

Índice de figuras

Figura 1: Tiempo de reparación en taller (en horas)	10
Figura 2: Comportamiento del aceite 3-40.....	12
Figura 3: Comportamiento de la temperatura de inflamación.....	13
Figura 4: Comportamiento del TBN	13
Figura 5: La abrasión como causa de la fricción.....	19
Figura 6: Diagrama hierro – carbono	20
Figura 7: Esquematzación de la norma de la viscosidad (ley de Newton).....	23
Figura 8: Factores que determinan la frecuencia del muestreo	29
Figura 9: Procedimiento para la toma de muestra.....	29
Figura 10: Muestras extraídas de las máquinas de RD Rental	30
Figura 11: Llenado correcto de etiqueta según Lubcom	31
Figura 12: Correcto uso de etiqueta.	31
Figura 13: Viscosímetro para análisis de aceite	32
Figura 15: Espectrógrafo de partículas de metal.....	33
Figura 16: Aparato que precisa el punto de inflamación	33
Figura 18: Dispositivo para establecer la fluidez	34
Figura 19: Espectrofotómetro infrarrojo	34
Figura 20: Vista de maquinaria y equipos de planta	36
Figura 21: Excavadora de orugas	38
Figura 22: Plan de mantenimiento de la excavadora.....	38
Figura 23: Torres de iluminación	39
Figura 24: Plan de mantenimiento del grupo electrógeno.....	39
Figura 25: Límite máximo permisible.....	40
Figura 26: Rango de viscosidad en los aceites	41
Figura 27: División de aceites grado SAE	42
Figura 28: Tabla resumen de limaduras – tipo de falla	47
Figura 29: Resultados muestreo grupo electrógeno	48
Figura 30: Vista de toma de muestras – grupo electrógeno	48
Figura 30: Resultados muestreo excavadora orugas	49
Figura 32: Vista de toma de muestras – excavadora.....	50
Figura 33: Desgaste por hierro de la máquina de rd rental SAC	50
Figura 34: Desgaste por tipo de metal de maquina 1	51
Figura 35: Curva de viscosidad dinámica vs tiempo.....	52

Figura 36: Curva de partículas de aluminio VS tiempo	52
Figura 37: Curva de partículas de hierro VS tiempo.....	52

Índice de tablas

Tabla 1: Tiempo de reparación de fallas en taller de grupos electrógenos	9
Tabla 2: Elementos contaminantes presentes en los aceites.....	21
Tabla 3: Metales de desgaste comunes de aceites de motor.....	22
Tabla 4: Factores que intervienen para elevar la viscosidad de los lubricantes	23
Tabla 5: Mantenimiento por cantidad de horas	37
Tabla 6: Resultados análisis espectrográfico.....	44

RESUMEN

El análisis de comportamiento de los aceites lubricantes en distintos tipos de máquinas, motores de combustión interna, Compresores, Bombas, Turbinas, Mecanismos Hidráulicos, Mecanismos automáticos o Robots, etc., es una importante herramienta para poder averiguar el estado de conservación de sus partes internas móviles y fijas, sin necesidad de tener que paralizar el trabajo de la máquina, desarmar y tener que cambiar por ejemplo empaquetaduras, retenes, sellos, tapones y otros.

Aparte de averiguar cuál es el estado de su viscosidad Cinemática , densidad , contenido de impurezas tales como hollines , borras , es muy importante el poder averiguar el estado u concentración de limaduras metálicas , tales como Aluminio (Propias de los cilindros de los motores de combustión interna) , Acero (de los bulones , anillos de compresión y de lubricación , válvulas , taques), Cobre , Plomo de otros componentes y poder predecir el grado de desgaste de los elementos en base a la concentración de limaduras metálicas y de esta manera poder implementar programas de mantenimiento preventivo y reparar o reemplazar partes de máquinas antes que existan fallas totales.

Estos procedimientos que hace algunos años eran muy escasos, restringidos por el costo de los equipos a solo unas cuantas empresas, en la actualidad estos procedimientos por el bajo costo de sus equipos y procedimientos han disminuido de precio y se entregan de una manera mucho más rápida y segura.

El presente trabaja como abordar el tema de como optimizar el aprovechamiento de la información, para poder hacer un mejor planeamiento del mantenimiento en pequeñas empresas que ahora pueden tener ese tipo de propuesta.

Palabras claves: Partículas metálicas, aceite lubricante, desgaste, motor, combustión interna.

ABSTRACT

The behavior analysis of lubricating oils in different types of machines, internal combustion engines, Compressors, Pumps, Turbines, Hydraulic Mechanisms, Automatic Mechanisms or Robots, etc., is an important tool to be able to find out the state of conservation of its moving and fixed internal parts, without having to stop the work of the machine, disarm and have to change for example packings, seals, seals, plugs and other.

Apart from finding out what is the state of its viscosity Kinematic, density, content of impurities such as soot, lint, it is very important to be able to find out the state or concentration of metal filings, such as aluminum (Proprietary of the cylinders of combustion engines internal), Steel (of the bolts, compression and lubrication rings, valves, taques), copper, lead of other components and be able to predict the degree of wear of the elements based on the concentration of metal filings and thus power implement preventive maintenance programs and repair or replace parts of machines before there are total failures.

These procedures that a few years ago were very scarce, restricted by the cost of the equipment to only a few companies, currently these procedures because of the low cost of their equipment and procedures have decreased in price and are delivered in a much faster way and safe.

The present works to address the issue of how to optimize the use of information, to be able to do a better planning of maintenance in small companies that can now have this type of proposal.

Keywords: Metal particles, lubricating oil, wear, engine, internal combustion.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

A nivel internacional

Según (Guillen L.) “los expertos en entrenamiento e ingenieros de Chevron se encuentran a su servicio para dar eventos en capacitación técnica a sus trabajadores, con la finalidad de mejorar su técnica en lubricación y su aplicación en mantenimiento preventivo.

Nuestro plan de capacitación se modifica frecuente mente conservando la secuencia de información sobre la variación en la técnica de lubricación; con la finalidad de marcar un principio en lubricación. Nuestros eventos en lubricación son habitualmente de dos días de duración y abarcan entre otros, los siguientes temas:

Rozamiento y desgaste

Lubricantes básicos

Aditivos

Grasas

Lubricación de piñones

Análisis de aceite usado

Manejo y almacenamiento de productos.

Estos servicios facilitan determinar el desgaste en las máquinas, facilitando su detección a tiempo del aceite y perfeccionando su tiempo de cambio. Para que esto funcione, es valioso tomar en consideración lo siguiente: equipos a vigilar, duración de resultados del laboratorio y el manejo de los resultados obtenidos. Si algún factor falla, el sistema desaprovecha el valor por contemplar lo siguiente

Elección de las máquinas a vigilar: una clasificación adecuada de las máquinas y una rutina eficiente es fundamental para un programa de análisis de aceite, permitiendo un control de las muestras, garantizando el control de los equipos elegidos.

Duración de resultados del laboratorio: la duración de respuesta de los estudios de aceite tiene dos componentes: el envío de la prueba al laboratorio y el procedimiento de estudio. Teniendo el laboratorio como un plazo máximo de 48 horas de contestación. Haciendo una coordinación adecuado con los encargados de las muestras del laboratorio tendríamos un mejor resultado en tiempo real. Por lo general los servicios de muestreo tienen un lapso de respuesta de 4 y 6 días según su ubicación del equipo.

Manejo de las pruebas adquiridas: los problemas de deficiencia que siempre fracasan las empresas es por el manejo de los resultados adquiridos. Chevron cuenta con un equipo lógico (software) de acopio de todos los reportes de pruebas de aceite. El LubeWatch™ Data Manager es el perfecto y más eficiente software utilizado en estudios de aceite, es de gran utilidad para empresas que cuentan con grandes cantidades de reporte de datos facilitando una respuesta inmediata al problema. Este programa facilita el reporte y el control de muestras de aceite a todas las unidades que han sido muestreadas, Facilita ver con claridad la graficas o curvas de desgaste conforme ha ido aumentando, también nos informa sobre las propiedades físicas del aceite”.

Según (Carrión Ch. 2007) “**descripción y uso del Trivector 5200 Minilab** Analizador, Trivector modelo 5200 es un mini laboratorio completo. Este equipo contiene una interfaz de control de residuos y un interfaz para examinar el desgaste de los componentes que son sometidos a prueba de las máquinas. También el equipo incorpora un marcador de medida de muestra según la dilución del aceite.

El casillero derecho (del ensayo 1) sirve para determinar el dieléctrico del aceite y, ayudando a adquirir un aceite con un índice químico que sirve como referencia. El casillero central (del ensayo 2) nos ayuda a determinar la proporción de que tan pura es la muestra diluida del aceite, y la parte de la torre (del ensayo 3) es la parte de controlar la cantidad de impurezas o partículas. El casillero mecánico de la parte delantera es donde se ubica el filtro que funciona reteniendo las partículas ferrosas y no ferrosas del aceite diluido que se analice. Funciona sincronizado con la prueba 2.

El panel frontal del equipo es la réplica de la pantalla del software, el equipo se puede manipular desde el software por el puerto de la computadora también puede ser manipulado manualmente.

El estudio se fracciona en tres muestras. Muestra 1 medición dialéctica del aceite, muestra 2 la polución y la cantidad de residuos ferrosos, y la muestra 3 el control de las cantidades de moléculas. Además, el lubricante diluido de los cambios de la muestra 2 se puede limpiar el lubricante por medio del filtro para retener todas la suciedad o impurezas.

La consola frontal tiene un conjunto de LED de colores que indican el proceso de cada prueba. En general, un LED cuando destella una luz muestra el proceso siguiente a seguir. Los cuatro selectores rojos facilitan manipular el orden de las muestras y la regulación de la balanza eléctrica. Se integran también a estos selectores cuatro casillas blancas que se usan para verificar las pruebas o romana. Permitiendo así que tipo de muestra se debe realizar para una prueba de aceite en peculiar.

El proceso de la muestra de aceite del trivector también indica el LED de color rojo, amarillo y verde en la consola delantera.

El control de abrir y cerrar el pase del vacío se usa para canalizar el vacío de la bomba de vacío siendo impulsada por el compartimiento y así realizar la limpieza o la eliminación de los gases que retiene. Los LED muestran la postura para la válvula”.

“La abrasión en los motores diésel, es consecuencia directa de la utilización del aceite inadecuado, por lo tanto, muchos motores salen de funcionamiento en tiempos cortos” (Errasti, 2014, p.2).

En los motores de cuatro ciclos se utilizan para accionar los grupos electrógenos, en diferentes zonas de México, ocurren con frecuencia dos fenómenos asociados a su funcionamiento, siendo uno de ellos la adherencia y el otro el desgaste por abrasión. Estos fenómenos se aprecian normalmente en la zona cercana a la válvula que tiene aleaciones de cromo, y se ha evidenciado que en promedio el tiempo de pérdida de

estanqueidad es de aproximadamente 12000 a 18000 horas. Sin embargo, a aquellos vástagos que tienen un tipo de recubrimiento denominado HVOF, alcanza un tiempo entre revisiones, denominado TBO (Time Between Overhaul), entre las 24000 y 36000 horas. (Fellmann, 2016, p.8).

Un mayor incremento de la potencia unitaria del cilindro del motor de combustión interna, origina mayor rendimiento y una mejor combustión del combustible, este concepto no se adapta en algunos grupos electrógenos, debido fundamentalmente a que los trabajos de mantenimiento no se realizan dentro del periodo especificado, o no se cumple el plan de mantenimiento sugerido. El fenómeno de abrasión tiene relación muy directa con los periodos de mantenimiento, es decir mantenimientos programados, así como los también mantenimientos totales. (Fellmann, 2016, p.9).

En España, los grupos electrógenos, utilizados para eventos especiales, reportan desgates en sus elementos, debidos al ritmo de uso, la utilización de un alto porcentaje a plena carga de estos grupos, es uno de los factores que frecuentan el desgaste en los elementos. Los cambios del aceite se hacen en periodos menores a los especificados por el fabricante. (Hilerio, 2016, p.7).

Los motores de cuatro ciclos de los grupos electrógenos, son fabricados con hierro fundido, específicamente el bloque de cilindros del motor, con alto índice de resistencia a la abrasión. No sólo se da en el bloque, sino también en los elementos de transmisión de energía mecánica, los cuerpos de las válvulas, entre otros. (Rosario S, 2015, p.7).

Los planes de mantenimiento de los motores de combustión interna, muchas veces no incluyen el análisis de aceite, para realizar el seguimiento del desprendimiento de las partículas sólidas en el interior del motor. La exigencia de trabajo de los grupos electrógenos con más de 12 horas continuas de trabajo, hacen que la temperatura se incremente, y por ende las propiedades del aceite se modifiquen, tanto en su textura física, como en sus propiedades químicas. (Rosario S, 2015, p.9).

A nivel nacional

Según (Azañero, J. 2013) “estudio de los aceites en servicio, los estudios en lubricantes nos alertan sobre la condición que se encuentra los equipos y su estado, en los mecanismos lubricados como (ejes, cojinetes, piñones, rodamiento, etc.) los estudios en los aceites pueden separarse en 3 grandes conjuntos: Estudio inicial: Se hacen a los elementos de las máquinas que presenten desconfianza según los datos obtenidos de las pruebas de aceite y facilitando la solución y elección de los elementos a cambiar.

Estudios de rutina: Se usan en las máquinas críticas o con mayor potencial a fallar, en las que siempre se hacen seguimientos de muestreo, siendo el propósito fundamental del estudio determinar su condición del lubricante, grado de desgaste y polución entre otros.

Estudio imprevisto: Se ejecutan con el fin de encontrar alguna irregularidad en la máquina y/o aceite, de acuerdo a: polución como agua sólidos (purificadores y juntas deficientes), utilización de un producto indebido”.

Según (Azañero, J. 2013) las prácticas rutinarias de estudios a los aceites usados afirma que se logran:

Eficiente disminución de los gastos operacionales.

Eficiente duración de los elementos con un mínimo deterioro.

Eficiente utilización del aceite usado.

Eficiente multiplicación de efluentes.

Trabajo a realizar: la función que se comprometerá el laboratorio a realizar es de hacer estudio de los lubricantes, garantizando que se realice adecuadamente, de acuerdo a su peculiaridad, debidamente supervisadas la compilación y despacho de las muestras, obteniendo una pronta respuesta y eficaz, usando un novedoso laboratorio equipados con tecnología únicamente para el estudio de aceites.

Estudios de lubricantes sin uso: mediante los estudios encontraremos la peculiaridad propia de los lubricantes sin uso, monitorizar la cadena de obtención y determinar la variación durante su aplicación.

Estudio de lubricante usados: Un programa de estudios de aceite usado debe de estar supervisado y monitoreado por un profesional experto para evaluar las pruebas y hacer el control necesario, desde la obtención de la prueba hasta la obtención final del informe y los resultados en caso de la degradación del aceite o deficiencia de la máquina.

El entendimiento y evaluación minuciosa en los resultados de las muestras es fundamental tener en cuenta esto ya que es clave ante un programa de análisis. Tomando esto como referencia se tendría los criterios para arreglar las anomalías y así realizar las acciones adecuadas.

Los estudios de los lubricantes serán recepcionados mediante el orientador mercantil. Entregando un recipiente para ser transportado al laboratorio lo más rápido posible (con la marca respectiva y un formato tramitado).”

Según (Azañero, 2012) “el laboratorio estudia las pruebas en un tiempo de terminado de un día y emite un informe con las correcciones que se dispone la prueba. El trabajo que se hace con las pruebas de aceite se puede medir, examinar definir:

El deterioro por uso y deterioro prematuro en las máquinas y por la forma de operar. Mezcla de diferentes clases y/o viscosidad por equivocación mientras la manipulación, en los aceites.

Polución de los aceites por origen foráneas.

Condición química y física de los aceites, con la finalidad de establecer su periodo de duración y ampliar con definido límite de confianza, la duración de renovación.

También facilita definir:

Polución por las juntas rotas.

Manipulación deficiente del insumo.

Cuidado indebido en el acopio.

Perdida del producto.

Deterioro inusual de la máquina.

Los requisitos para la valuación más especiales de los aceites, se establecen y otros, estas pruebas que se hace a los aceites de verificación de su excelencia generalmente se hace a los lubricantes sin uso:

Densidad mecánica del aceite a 40° C y 100°C
TBN (Número Total de Basicidad)
Fluido por salpicadura
Aspecto y oloroso
Fierro solido por RDE (Electrodo de Disco Rotatorio)
Zona inflamable
Zona de evacuación
Burbujas.

Explicación de los estudios más frecuentes para aceites en funcionamiento.

Según (Azañero, 2012) “los estudios sobre lubricantes en uso es una técnica eficiente, e indudable para encontrar probable averías futuras en sus elementos reduciendo así elevados gastos en reparación y perdías de horas máquina en la cadena de producción. Contribuyendo a tener datos sobre la condición de las piezas, de las cuales muchos de los equipos son de manejo constante y que su parada por deterioro de debido a la lubricación nos puede salir caro. Es de sir los estudios de aceite en uso es de un costo bajo. Comparando con la utilidad de su desempeño de su operación de la máquina en una industria, ya puede ser equipos industriales o máquinas en constructoras.”

Según (Echeverry, 2014) “los estudios en lubricantes común mente se hacen a los elementos siguientes: máquinas hidráulicas, multiplicadoras de fuerza, chancadoras, turbinas, máquinas de bombeo, motores, diferenciales tanto mecánicas y semi automáticas, transmisión, mando finales, cajas de piñones, equipo de minas, plantas industriales , etc.

En las zonas donde se extrae minerales en el Perú, se utilizan frecuentemente grupos electrógenos de diferentes potencias, los cuales son utilizados para accionar mecanismos con cargas variables, las fallas más comunes son por desgastes en los componentes. La temperatura baja, la alta contaminación del ambiente, la intensidad de trabajo del grupo, los tiempos de operación entre otros, son las causas de los frecuentes ingresos de estos a los talleres de reparación.”

“Los grupos electrógenos diésel con potencias inferiores a 100 kW, que suministran energía a sistemas aislados en los diferentes poblados de la sierra del Perú, no tienen los niveles de disponibilidad estándar, por lo tanto, son poco eficientes” (OSINERGMIN, 2015, p.3).

“el dimensionamiento de un generador eléctrico según su capacidad Stand-By cumplirá según las normas Tier I y II, para lograr la mejor calidad y eficiente del equipo de acuerdo ala, Tier III y IV, será de gran utilidad dimensionarlo según su capacidad DCC” (Zárate, 2015, p.2).

Según (Zarate, 2015) “los costos de operación de los grupos electrógenos se incrementan a medida que los equipos presentan fallas periódicas, debido a que se incrementan las horas de no funcionamiento, por lo que muchos propietarios para superar éste inconveniente, utilizan un grupo electrógeno, como medida de contingencia, asegurando de alguna manera la confiabilidad, pero disminuye la disponibilidad de un grupo electrógeno, el cual involucra la disminución de las horas de alquiler y por ende la disminución de los ingresos económicos. Dicha situación, es básicamente por la falta de planificación en el mantenimiento, solo se realiza el mantenimiento correctivo, cuando las fallas han ocurrido, incrementa además los tiempos de reparación de fallas, disminuyendo las horas de operación en un determinado tiempo.”

A nivel local

Actualmente la Empresa Rental SAC, cuenta con maquinaria pesada (como excavadoras), y generadores de corriente alterna accionado con motores Diésel para su utilización en situaciones especiales, en los cuales se requiera de una demanda de energía superior a la contratada por los usuarios; el alquiler de los grupos electrógenos está muchas veces condicionada a la disponibilidad de ellos, no por la gran demanda de alquiler, sino porque en algunas oportunidades no se encuentran en condiciones óptimas de operación, por lo tanto no son ofertadas. En el año 2017, de 12 grupos electrógenos que poseen, con potencias de generación que oscilan entre 5 y 100 KW, presentaron fallos, de acuerdo a lo que se detallas en la tabla 1.

Tabla 1: *Tiempo de reparación de fallas en taller de grupos electrógenos*

Grupo Electrógeno (KW)	TIEMPO DE REPARACIÓN EN EL TALLER (EN HORAS)												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago.	sep	oct	nov	dic	Total
25.6 kw	6		8			2 1		6			8		40
34.5 kw		8				8				8			24
34.5 kw	6			6	4				6			4	26
40.0 kw							3				7		13
40.0 kw		3			3			6				6	18
54.9 kw	2			2							4		8
64.5 kw			3									3	6
70.0 kw	2				3					3			8
70.0 kw			3				3				5		11
70.0 kw		3			3				3				9
75.0 kw							3						3
75.0 kw		2				3						4	9

Fuente: área administrativa Rd Rental SAC 2018

En la tabla 1, se visualiza que, en enero, Junio y Diciembre del 2017, fueron los meses en los cuales 4 de los 12 equipos estuvieron en el taller, por alguna falla; en la figura 2 se ilustra dicha estadística.

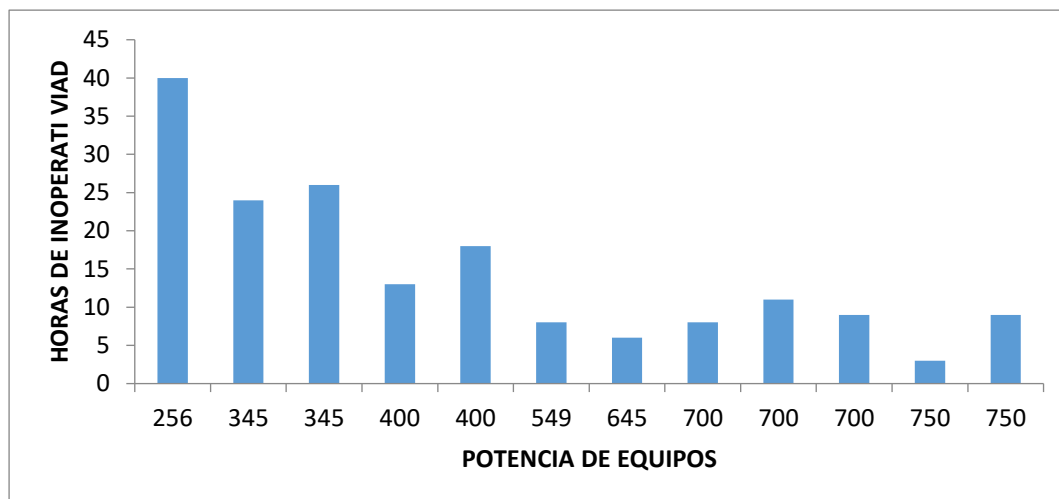


Figura 1: Tiempo de reparación en taller (en horas)

En los reportes de taller, los sistemas que fallan con más frecuencia son los sistemas mecánicos, referidos a la lubricación del motor, es decir consumo de aceite en cantidades mayores a los especificados por el fabricante, así como también en el sistema eléctrico, en cuanto a deslizamiento del rotor por lo que la frecuencia eléctrica de la señal que genera el grupo electrógeno excede el nivel estándar para suministros de energía eléctrica.

Según (Cotrina, Ch. 2017) “en Cajamarca no hay precedentes de investigaciones específicamente en este tipo, los propietarios de equipos petroleros tratan de tener un entendimiento como conseguir esa utilidad y tener un buen rendimiento de sus equipos, ofreciendo desempeño sobresaliente en el cuidado de sus equipos durante su operación. Subsisten sociedades dedicadas al sector de reparto de equipos y repuestos, en la que se puede corroborar que no hay laboratorios de estudios para lubricantes y grasas que ayude a determinar a tiempo”

1.2 Trabajos previos

(Rodríguez, C. 2003), en el artículo “estudio ecológico de grasas y lubricantes en máquinas de cuatro ciclos”, nos indica que: en la imagen 2 se describe su fluidez del lubricante y su densidad con el tiempo recorrido para los tipos de motores DKX, WS225 y WS259 aceitados con el lubricante código- 3-40. Su viscosidad del lubricante cambia de una forma aumentativa y con una significancia de acuerdo a las cifras de cómo va subiendo el tiempo de recorrido por el auto, correspondiendo a la información seleccionada”

Según (Rodríguez, C. 2003) “el precedente antes mencionado es debido, dentro otros fundamentos se tiene, en la medida conforme va incrementando el periodo de uso del lubricante disminuye su calidad del fluido, debido a su formación de lacas y gomas, a causa de la polución con un peso molecular alto. Es recalcar sobre los cuidados que nos indican los fabricantes en los equipos al remplazo del lubricante se hace a los 10 000 km, la densidad del aceite a los 20 000 km estos valores han sido regido por el fabricante de acuerdo a norma que pueden ser (un ± 25 % del valor primitivo), por lo tanto desde una visión sobre la densidad de los lubricantes se puede duplicar el recurso. La viscosidad siempre en todos los equipos lubricados tienden elevar gradualmente, sien más relevante es los motores WS259. Los con valores más pequeños son para los motores DKX. En cambio en los motores WS225 se ve mejor desempeño y su duración estable de su viscosidad cuando alcanza los 15 000 km.

Resultando de gran utilidad de los datos obtenidos de viscosidad en distintos tipos de motores no retrasan significativamente los precedentes antes mencionados afirma que los lubricantes se deben usar adecuadamente en cualquiera de los equipos inspeccionados. El comportamiento del calor de inflamación en los lubricantes código 3-40 utilizado en el engrase de los motores DKX, WS225 y WS259 que se presenta en la imagen 3. En esta cualidad se consideran estos motores DKX y WS225 el calor de inflamación reduce lentamente, y lo contrario en la máquina WS259. Las cifras menores de calor de inflamación que se dispone en este tipo de lubricante DKX y los de más valor para el WS259. De los casos mencionados nadie superan la cifra máxima para este tipo de aceite y esta se encuentra con un valor de superior 180 °C, si el lubricante logra llegar a una temperatura equivalente a la indicada o inferior del valor mencionado, no se utilizaría para aceitar de acuerdo a los indicadores de la prueba de Duncan y el estudio de variabilidad nos dice que la desigualdad de calor o inflamación obtenidas en distintos tipos de motores siendo no significativas.”

Según (Rodríguez C. 2003), “el cambio de las cifras globales de base en los lubricantes con Código 3-40 en cuanto a su tiempo recorrido y dependiendo del motor usado que se presenta en la imagen 4. El (TBN) o Número Total Base reduce considerablemente, y se tendrá que sus cambios en este aceite hasta 15 000 km no es relevante, pero si para los 20 000 km y para los 10 000 y 15 000. Por lo que al disminuir nos muestra que ha reducido en miligramo de KOH por cada gramo de lubricante útil para equilibrar los elementos que contiene. A pesar de eso se puede

ver que los datos no se aproximan al resultado máximo. (70 % del resultado inicial, 3 mg KOH/g en este estudio) para esta propiedad. Lo antes mencionado nos facilita avalar la posibilidad alargar el recurso del aceite. En la mayoría de los casos se cuentan con el (TBN) del lubricante Serie 3-40 reduce cuando aumenta el recorrido. Igual a de los dos casos antes mencionados, la variación de los datos obtenidos no es significativa. La diferencia entre los valores alcanzados no resulta significativa. Por los antecedentes se puede afirmar la forma que se comporta el aceite es parecido a los tres motores utilizados. El resultado de cómo se comporta otra propiedad analizada: la cantidad de partículas de carbón, se indican en la imagen 4. Las partículas sobrantes de carbono aumentan de un modo reducido con el uso constante del lubricante. Los antes mencionado es típico en motores de cuatro tiempos debido a al calor que estas trabajan y por la combustión misma cuando funciona. Estas características no logran resultados que superen o se aproximen al resultado máximo del (4 %).”

Según (Rodríguez, C. 2003) “Como se deseaba, en su totalidad se sabe que las impurezas de carbón en el lubricante código 3-40 CD/ SF se aumenta, estando más relevante este incremento en este tipo de motores WS225. Los de menor resultado son para los motores DKX, viéndose en el propio motor una pequeña tendencia a establecerse cuando alcanza los 15 000 km. Es de gran importancia aclarar que en esta propiedad la el cambio ente los resultados logrados no es relevante.”

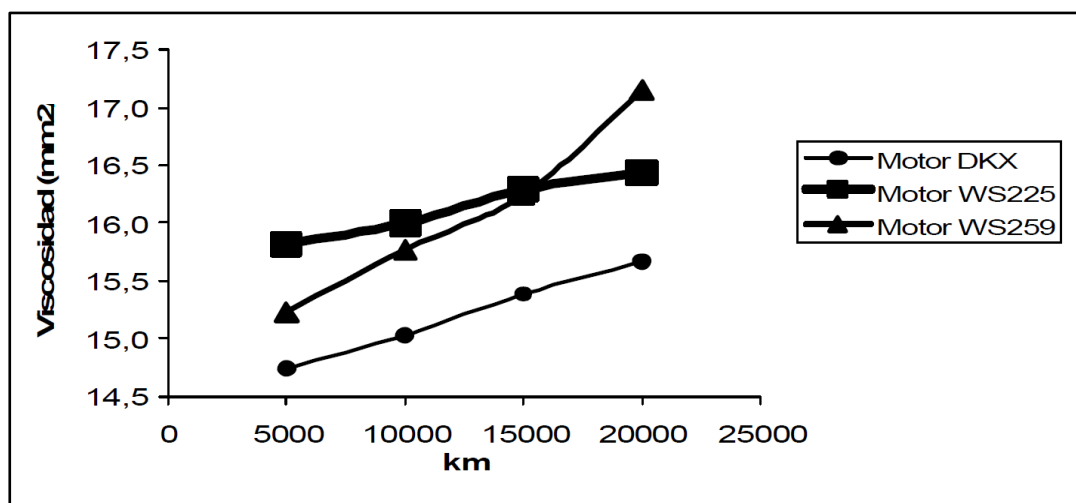


Figura 2: Comportamiento del aceite 3-40

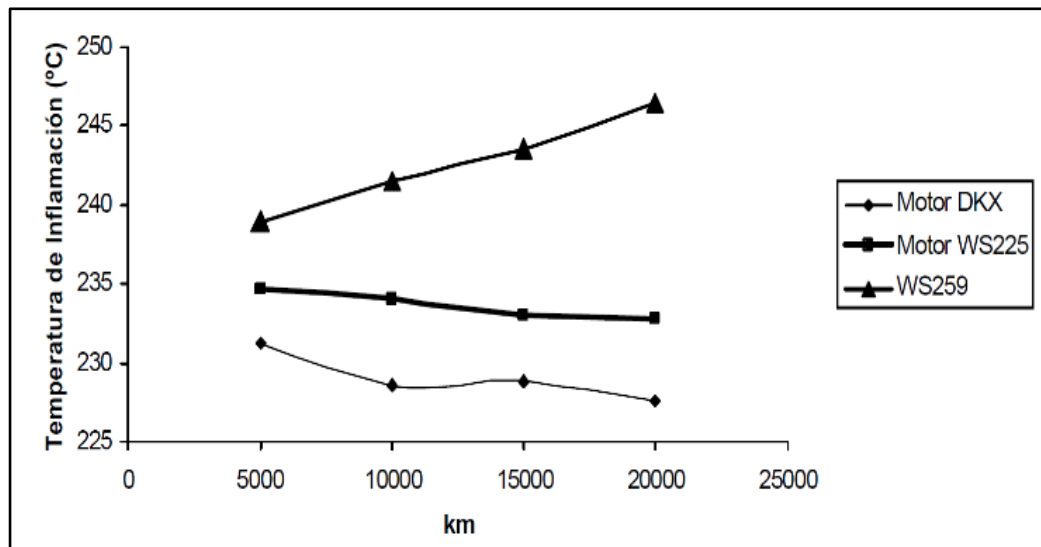


Figura 3: Comportamiento de la temperatura de inflamación

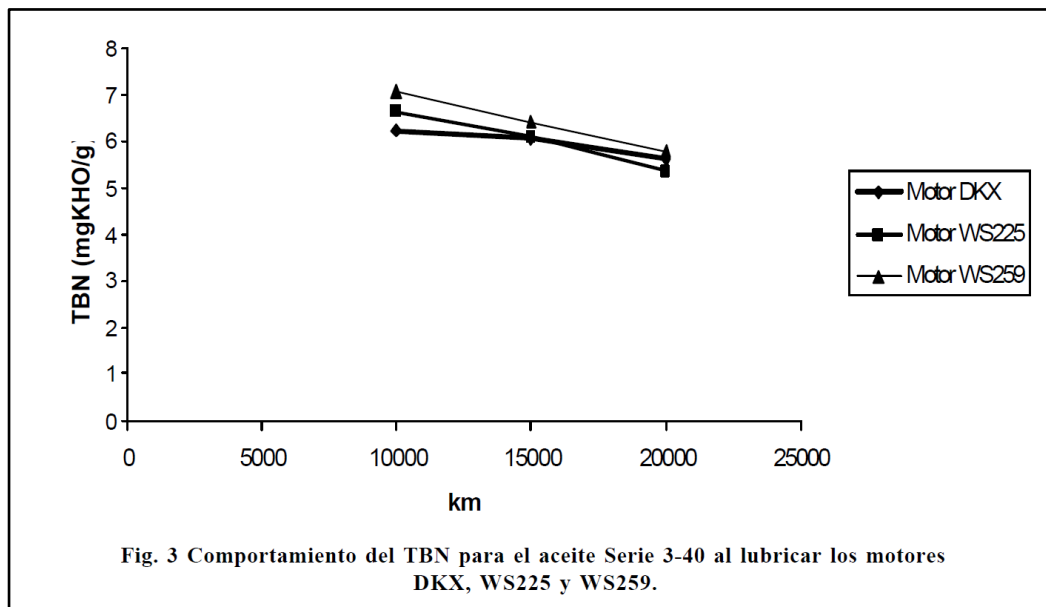


Figura 4: Comportamiento del TBN

(Macian, V. 2003), en su articular “analysis approach to establish wear ratio for control and condition of internal combustion engine based on oil study, nos indica:

“El desgaste tiene interesantes impactos negativo operacional de las piezas del motor. Adicionalmente, esta situación es muy difícil de evaluar. Exactamente en el análisis de aceite para el monitoreo del estado del motor. Fabricantes de equipos originales (OEM), proveedores de lubricantes y aceite. Los laboratorios de análisis proporcionan pautas específicas para las concentraciones de metales de desgaste. Estos límites proporcionan buenas pautas generales para interpretar los datos del

análisis de aceite, pero no tienen en cuenta los factores comunes que influyen en la concentración de los residuos de desgaste y contaminantes en una muestra de aceite. Estos factores incluyen el consumo de aceite, adiciones de aceite fresco, etc., y características particulares, como el motor Edad, tipo de servicio, condiciones ambientales, etc. En este documento, se desarrolla un enfoque analítico para permitir una determinación más precisa del desgaste a partir de una prueba de lubricante del motor. Los factores anteriores se tienen en cuenta y un programa de mantenimiento mejorado para motores de combustión interna basado en estudios de aceite es desarrollado.”

(Oleksandr, K. 2017), en su artículo “operación confiable de máquinas y mecanismos bajo la Importancia de diferente factores, como la temperatura, la presión, La velocidad de las superficies de fricción, y así sucesivamente, se garantiza mediante el uso de combustibles y lubricantes. Durante la explotación de la Maquinaria y equipo cambian las propiedades del lubricante. Por Los aceites del motor los contaminantes típicos son mecánicos, impurezas, productos de desgaste de piezas y componentes de máquinas, el polvo cae en el lubricante junto con el aire contaminado. La determinación de la viabilidad de los aceites de motor y evaluación de su calidad se convirtió recientemente en una de las direcciones en perspectiva de diagnósticos del motor, el otro, no menos importante tema en la evaluación del estado técnico del motor del automóvil es la elaboración de novelas y mejora de los métodos existentes del análisis cualitativo y cuantitativo de sólidos contaminantes contenidos en el aceite en particular, valioso información que se puede obtener de los resultados de los estudios sobre la forma y el tamaño de las partículas metálicas que se acumulan en el aceite durante el funcionamiento del motor, así como a partir de los resultados del análisis elemental de las impurezas en la superficie de estas partículas entre los métodos que se utilizan para la investigación de propiedades fisicoquímicas de partículas metálicas de su micrón y tamaño micrométrico, uno de los lugares prioritarios pertenece a los electrones microscopía, que permite determinar la Propiedades morfológicas de estas partículas. Sobre esto, la observación de su forma y tamaño a menudo requiere ser llevada a cabo teniendo en cuenta la corrección de las aberraciones de imagen y neutralización de la carga eléctrica de haz de electrones. Los problemas son complicados en el caso de que las partículas estén bien.”

(Otero, C. 2014) “la fiabilidad de los resultados obtenidos en estas condiciones es definida por la calidad de la preparación de la muestra que es difícil de Hacer alto en el caso cuando las partículas poseen el magnético propiedades el efecto de la adherencia de las partículas magnetizadas entre sí, que es causada por el magnético interacción entre ellos, resulta en la situación cuando partes significativas de su área de superficie se ocultan de observación, y no hay posibilidad de dibujar el derecho Conclusiones sobre su estructura, como la formación de polvo. Los coagulados complican la interpretación del electrón imágenes de microscopía, enmascarando la forma de partículas separadas, su relación de tamaño y disposición mutua de su estructura. Las complicaciones indicadas pueden ser eliminadas por el impacto simultáneo en la preparación con campo magnético y ultrasonido sobre esto, las fuerzas repelentes entre como polos de partículas de polvo magnetizado, así como el efecto de la disminución de la adherencia de las partículas en el campo del ultrasonido es utilizado los resultados del análisis disperso de la mecánica. Las impurezas en el aceite del motor diésel y carburador indican a una diferencia sustancial en los productos de desgaste de las partes bajo fricción para estos motores]. Sin embargo, estos resultados se obtuvieron en un período relativamente bajo de operación del motor (60- 480 horas), lo que complica la fiabilidad de sus técnicos, evaluación de la condición. En este trabajo presentamos los resultados de los estudios sobre contenidos químicos y dispersos a largo plazo. Aceite elaborado (5000 km y 10000 km de carrera). En esto, a mejorar la fiabilidad de los resultados, para el análisis de la fracción magnética de partículas de lubricante se eliminó del Polvo ferromagnético.”

(Díaz, F. 2007), en su libro: “tribología: fricción, desgaste y lubricación. ”, El termino tribología proviene del vocablo griego tribos, que se asume como “frotamiento o rozamiento”, así que la hermenéutica del termino pude ser, “la ciencia del rozamiento”

“Los textos definen a la Tribología como la ciencia y técnicas que investiga la interrelación de los cuerpos en acción relativa, así como asunto y experiencias similares. La tribología es una ciencia que estudia el comportamiento de los mecanismos durante su funcionamiento siendo de mucha valor económico, llámese, fiabilidad, conservación, y deterioro del equipo tecnológico, acaparando desde la

ciencia aplicada en aeroespacial hasta aplicaciones múltiples. El entendimiento de las interrelaciones externas de una interfaz es necesario tener experiencia así como la química, la física, matemáticas aplicadas, transferencia de calor, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, termodinámica, diseño de máquinas, lubricación, ciencia de materiales, desempeño y fiabilidad.

En sí, la Tribología aparenta ser algo reciente, siendo poco escuchado solo el término como lo es, ya que su aplicación en materias referidas disciplina se aplica desde mucho tiempo antes de que el suceso sea escrito. De la manera de guía, sabiendo que los “berbiquí” contruidos en el tiempo Paleolítico con el fin de hacer taladrados o fuego, siendo “fijados” con rodajes contruidos de cornamentas o huesos.”

Según (Díaz, F. 2007) “los textos antiguos explican el uso de la rueda en los 3500 a.C., el cual nos enseña la dedicación de que tenían nuestros ancestros en disminuir el rozamiento de los elementos de desplazamiento. Los egipcios contaban con sabiduría basada en la fricción y los lubricantes, esto es notorio en la traslación de rocas para la edificación de monolito. Para hacer este trabajo usaban fluido o sebo de animal como insumo acertante.

El artista - investigador renacentista Leonardo Da Vinci siendo el primigenio que revelo su comprensión en fricción. Da Vinci concluyo sobre los principios que rigen el desplazamiento de una piedra rectangular moviéndose sobre una superficie llana, además, fue el primitivo en establecer el criterio sobre el coeficiente de rozamiento. Lamentablemente su investigación no fue revelada hasta muchos años después de ser evidenciada. Sucedió en 1699 un físico de Francia Guillaume Amontons redescubrió los principios del rozamiento al estudiar el desplazamiento en llanas.

Diversos hallazgos ocurridos durante la historia respecto al tema, investigadores como Charles Agustín de Coulomb, Isaac Newton, Robert Hooke, y otros, contribuyeron experiencias muy útiles para el avance científico.”

Según (Cardozo, F. 2011) “al desarrollarse la rebelión industrial el crecimiento científico en las máquinas para la producción evoluciono ligeramente. La utilización del vapor facilita nuevo procedimiento en las industrias. Al comienzo del siglo XX, a partir del gigantesco desarrollo manufacturero hasta la exigencia de una tribología mejor, el entendimiento del total de las áreas en tribología aumento aceleradamente.”

(Inga, G. 2015), en su investigación de grado titulada: “Diseño de una máquina para ensayo de abrasión de elastómeros tipo tambor rotativo”, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, concluye:

“Los aportes en el presente estudio consisten en el desarrollo de una metodología de diseño innovador orientada a equipos mecánicos, y la obtención de un producto final sencillo y accesible para el ensayo de elastómeros en laboratorio.

La falta del desarrollo tecnológico del país, la falta de implementación de procesos de fabricación modernos y económicos, y la poca disponibilidad de materiales de última generación dificultan el diseño de nuevas máquinas tomándose el proceso en un círculo vicioso. Si se quiere producir una máquina nacional de alto acabado o alta precisión, se requiere de materiales, procesos y bienes de capital modernos para poder fabricarlos a la tecnología deseada. Sin embargo, muchos de estos requerimientos no es posible encontrarlos en el mercado nacional lo que obliga a importarlos volviéndonos dependientes de la tecnología de los países desarrollados”

(Hilerio, I. 2016), en el artículo científico denominado: “Influencia de la temperatura del lubricante y carga de operación en el desgaste de superficies metálicas”, presentado a la Universidad Autónoma Metropolitana, Tamaulipas, México, en su resumen menciona:

“Los aceites para lubricación, son sustancias que se aplican a las superficies en rozamiento, o los que están sometidos a deslizamiento, de los elementos móviles. El rozamiento origina calentamiento en las piezas, como consecuencia de ellos, la deformación y el desgaste son las formas más frecuentes que se reportan.

El objeto de estudio de la tesis es la determinación del grado de oxidación del lubricante y su influencia en el rozamiento de las piezas, todo ello para calcular el desgaste que se produce en los elementos móviles. Existen diferentes tipos de lubricante, siendo los naturales o llamadas semifluidas (aceites minerales y orgánicos), los aceites semisólidos (en el caso de las grasas), y los sólidos (Grafito). Las siliconas están consideradas como lubricantes sintéticos, y son capaces de soportar temperaturas muy altas, tan igual que en los motores diésel.”

(Matos, J. 2014), en su artículo científico denominado: “Desgaste Por rozamiento Del Acero Api 5l X65 Revestido Con Niobio Por Aspersión Térmica A Plasma Y Con Inconel 625 Por Soldadura”, en su síntesis menciona:

“El propósito del estudio del artículo científico, es de evaluar y de caracterizar, los desgastes del acero API5LX65, el cual presenta un recubrimiento de niobio, comparado con el desempeño de las piezas que presentan recubrimiento de inconel 625, que se emplean en la industria petrolera y del gas.”

Según (Matos, J. 2014) “El proceso de aspersión térmica es el que se utiliza para el revestimiento de niobio, a este tipo de revestimiento también denominado “proceso de pulverización con plasma de arco no transferido”; y el recubierto de inconel 625, realizado con soldadura con electrodo recubierto. Se determinó que la dureza al desgaste por rozamiento cumple con la normativa PETROBRAS 2568, el cual se hizo en un equipo llamado Tribómetro CTER. Los parámetros evaluados fueron la rugosidad y el volumen de materia desgastada, utilizando el método de la perfilometría, y la dureza de los revestimientos se utilizó el método de Vickers.”

Según (Matos, J. 2014) “Los resultados fueron caracterizados, de acuerdo a los revestimientos de los elementos. La morfología electrónica de barrido (MEB), fue la técnica utilizada, así como también la microscopía óptica (MO). Se concluye que la mayor dureza del elemento con revestimiento de niobio, es la que ha permitido la disminución de la tasa de desgaste, comparado con el revestimiento de inconel”

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Abrasión

Según matos 2014 el rozamiento es el tipo de desgaste más frecuente. Hay bastantes materiales que al deslizarse sobre una superficie de traslado generan un deterioro significativo, por lo que es de moléculas de más solidez que el material del equipo y lo va desgastando, normalmente son fragmentos pequeños de mineral de (herrumbre, polvo etc.). Para rectificar esto se debe hacer un revestimiento de un material más resistente que las sustancia erosivas, con el fin de regular el suceso y prevenir el destroz del equipo. (Otero, 2017, p.1).

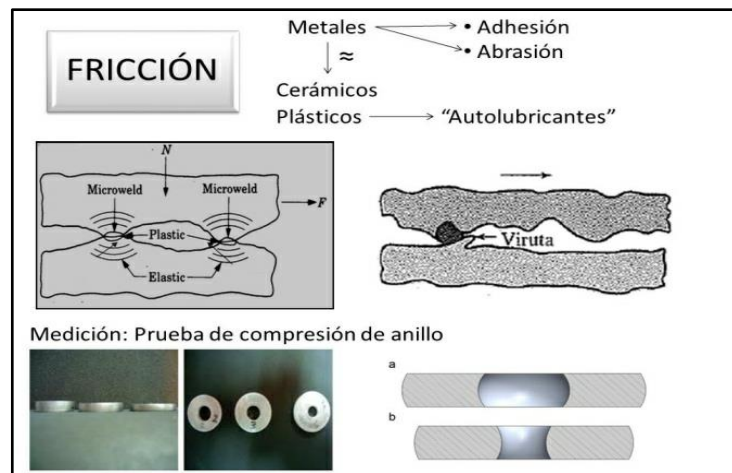


Figura 5: La abrasión como causa de la fricción

Se considera desgaste abrasivo, cuando este ha sido generado por partículas duras, que se introdujeron por algún lugar, hacia las superficies más blandas, que se deslizan entre ellas, e interactúan mutuamente. Normalmente las partículas que producen la abrasión, son las mismas que se desprenden del material, o también pueden ser del desgaste; los cuales tienden a arrancar el material de la superficie expuesta. El resultado es el desprendimiento en forma de viruta, como consecuencia de ellos causa deformación plástica severa.

Este desgaste fue un hallazgo temprano en la historia de la abrasión. Por medio del rozamiento de dos cuerpos interpuestos por un abrasivo como el carbón, polvo esparcido y humectante se obtuvo los instrumentos tradicionales del neolítico. Hoy en día, con lija (Al_2O_3), óxido de aluminio (Al_2O_3), nitruro de boro cúbico entre otros, pueden degradarse rápidamente el material abrasivo, a pesar de su dureza por la que está formada, (Rosario, S, 2014, p.3).

Se conoce como mecanismo de desgaste, a la forma en que es arrancado el material de una pieza la cual puede ser por micro corte, micro arado, micro fatiga o micro agrietamiento. Según Rosario 2014, este tipo de desgaste abrasivo sucede cuando hay desprendimiento de partículas sólidas suspendidas en un fluido o la adherirse a un cuerpo que este en movimiento contra una superficie. Estos fragmentos duros producen abrasión cuando están entre dos superficies deslizantes. Una de las propiedades esenciales por la que se produce la fricción es debido al calor de los cuerpos en movimiento con poca lubricación. (Rosario, S, 2014, p.3).

1.3.2 Hierro fundido

Generalmente la construcción de elementos con fundición de hierro es bien amplia para la elaboración de máquinas. Los insumos son composiciones de hierro-carbono, con una elevada proporción de carbono llamándose como fundición siendo el proceso manufacturero de su elaboración de los elementos. (Rosario, S, 2014, p.4).

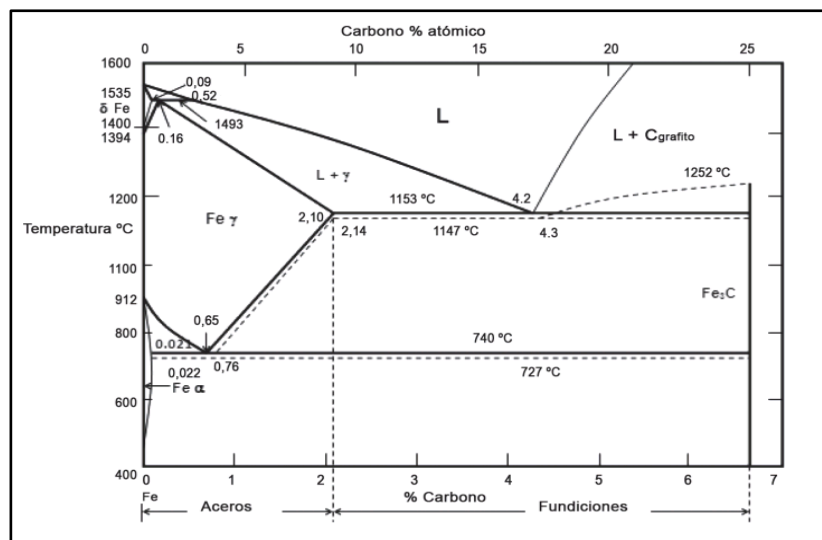


Figura 6: Diagrama hierro – carbono

1.3.3 Análisis de aceite para establecer su estado del motor

Según (Rodríguez, 2014) los aceites es un líquido que interiormente se encuentran lubricando a las piezas móviles en rozamiento, este fluido circula arrastrando las impurezas que se desprenden por estar sometidas a rozamiento y teniendo como función transportarlo a los elementos de protección o filtros.

Para estos análisis existen muchos procedimientos utilizados, para entender su condición de vida útil del motor Diésel a partir de un análisis de sus átomos retenidos en el mismo, las cuales son:

Espectroscopia.

Observar las moléculas de desgaste en una muestra.

Conteo de moléculas.

Retenedores magnéticos.

Microscopio

Tabla 2: Elementos contaminantes presentes en los aceites

ELEMENTO QUÍMICO	ORIGEN
Aluminio (Al)	Cojinetes, pistones. Contaminación externa con polvo del ambiente.
Bario (Ba)	Aditivos detergentes (lubricantes)
Boro(B)	Aditivos del aceite. Trazas de inhibidores del anticongelante (tetraborato de sodio)
Calcio(Ca)	Aditivo detergente (lubricante)
Cobre (Cu)	Cojinetes (Cu-Pb, Sn-Cu) Refrigerante (intercambiadores de cobre)
Cromo (Cr)	Segmentos, camisas, pistones. Barras de válvulas. Inhibidores de corrosión del agua de refrigeración (cromatos de sodio o de potasio).
Estaño (Sn)	Cojinetes (Pb-Sn, Cu-Sn, Al-Sn). Conductos de lubricante.
Fósforo (P)	Aditivo antidesgaste (lubricante). Aditivo antioxidante (lubricante).
Hierro (Fe)	Segmentos. Camisas de cilindros. Levas y balancines. Engranajes y cadenas. Apoyos o muñequillas del cigüeñal.
Magnesio (Mg)	Aditivos detergentes (lubricante).
Molibdeno (Mo)	Pistones. Segmentos. Aditivo del aceite (MoS ₂).
Níquel (Ni)	Cilindros. Elementos de la distribución.
Plomo (Pb)	Cojinetes. Aditivo del propio lubricante. Trazas de gasolina.
Silicio (Si)	Polvo atmosférico (SiO ₂). Pistones. Camisas de fundición. Aditivos antiespumantes (lubricante). Inhibidores de corrosión del agua de refrigeración. Restos de pastas de juntas y tubos (siliconas).

Fuente: (Rodríguez, 2014, p.73)

1.3.4 Estudio de los átomos de desgaste en aceites de motor

Según (Rodríguez, 2014) está basado en el régimen de funcionamiento de una máquina, se origina internamente una determinada cantidad de partículas por desgaste. La forma como se desgastan las superficies de los componentes móviles va a depender de muchos factores, como el tipo de lubricante que se utiliza, las condiciones de operación en las cuales el equipo trabaja, la potencia nominal de carga que se encuentra alimentando, así como también la limpieza en el mantenimiento preventivo y la del lubricante cuando es abastecido al motor evitando el contacto de suciedad entre las piezas móviles.

Análisis de aceites usados

Según (Rodríguez, 2014) la combustión completa en un motor diésel es la combinación de combustible y aire (oxígeno y nitrógeno) la cual producen CO₂, H₂O y NO₂. Los azufres presentes en todos los grados de combustibles forman el óxido de azufre. Estos óxidos combinados y el agua de la combustión generan ácidos inorgánicos de azufre que son corrosivos. Este análisis de aceite usado consiste en realizar muestreos del lubricante cada cierto periodo de tiempo de funcionamiento del equipo, para así evaluar el estatus en que se encuentran los sistemas de motor como también su aceite lubricante.

Tabla 3: Metales de desgaste comunes de aceites de motor

ELEMENTO	FUENTE
Hierro	Cilindros, camisas, anillos de pistón, piezas de tren de válvulas, herrumbre
Cromo	Anillos de pistón, refrigerante
Aluminio	Pistones
Plomo	Cojinetes, gasolinas con tetraetilo de plomo
Cobre	Cojinetes, bujes, aditivo de aceite
Plata	Bujes de pasador del pistón (bujes de plata utilizados únicamente en motores diésel ferroviarios por EMD)
Estaño	Cojinetes

Fuente: (Rodríguez, 2014, p. 76)

Pruebas típicas de aceites usados

Pruebas de Viscosidad

Pruebas de Insolubles

Análisis de TAN/TBN

Prueba de Dilución por combustible

Determinación del Punto de inflamación

Análisis del Agua

Análisis de Glicol

Tabla 4: Factores que intervienen para elevar la viscosidad de los lubricantes

OXIDACION DE ACEITE	<ul style="list-style-type: none"> • Motor sobrecalentado • Intervalo de cambio de aceite excesivo • Puede ser acelerado por metales de desgaste • Calidad de aceite insuficiente (baja calidad API)
CONTAMINACION	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga en los sistemas de refrigeración
REFRIGERANTE	<ul style="list-style-type: none"> • Puede aumentar la oxidación del aceite
INSOLUBLES	<ul style="list-style-type: none"> • Hollín (mala combustión) • Intervalo excesivo de cambio de aceite
ACEITE INAPROPIADO	<ul style="list-style-type: none"> • Se añadió un aceite de más alta viscosidad

Fuente: (Rodríguez, 2014, p. 79)

1.3.5 Ley de la viscosidad

Los fluidos que se utilizan como lubricantes, obedecen a las leyes de Newton, el cual relaciona la fuerza por unidad de área, con la velocidad de deformación del fluido, y el espesor de este. La correspondencia del esfuerzo cortante del fluido con la velocidad de deformación es el coeficiente de viscosidad.

La viscosidad cinemática de un fluido se expresa:

$$V = \frac{\mu}{\rho}$$

Dónde

V: Resistencia interna del fluido bajo fuerzas gravitacionales, en m²/s.

μ : Viscosidad dinámica, en Pa.S.

ρ : Multitud de masa en un volumen, en Kg/m³

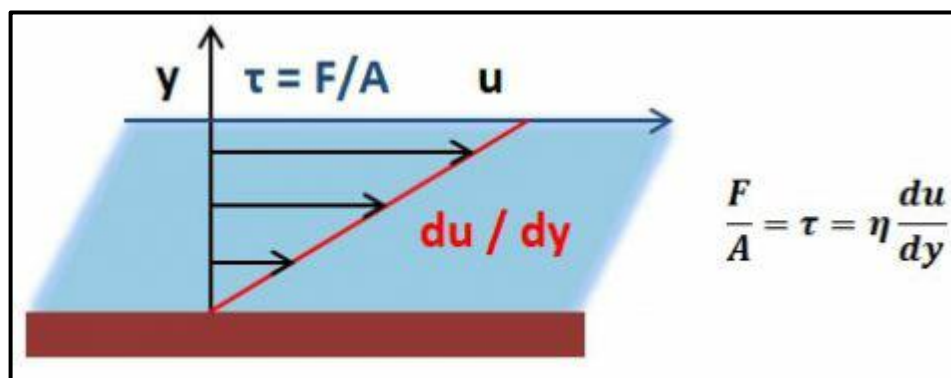


Figura 7: Esquematización de la norma de la viscosidad (ley de Newton)

1.4 Formulación del problema

¿Cómo evaluar el tipo de deterioro de los mecanismos móviles de un motor de cuatro tiempos?

1.5 Justificación del estudio

Técnica

El análisis del aceite del motor, permite determinar en función a los niveles de contaminación de este, las condiciones en las cuales opera el motor; por lo tanto, técnicamente se justifica el proyecto, porque evita realizar el diagnóstico a los componentes internos del motor, con lo cual el desensamblaje de las piezas del motor es menor, y por ende su ensamblaje con los ajustes y tolerancias dadas por los fabricantes.

Económica –financiera

Se justifica económicamente el proyecto por dos razones fundamentales; una de ellas es que al realizarse el análisis de aceite para evaluar posibles fallas, los costos del análisis del aceite son menores que los costos de diagnóstico de fallas, en el cual se tiene que extraer los mecanismos para su verificación; la otra razón es que al incrementarse la disponibilidad y la confiabilidad de los grupos, existirán mayores ingresos económicos, porque se incrementan las horas de operación de las máquinas y equipos.

Social – comunal

La población se beneficia al tener equipos electrógenos de buen funcionamiento y con la probabilidad de falla (confiabilidad) muy baja, lo cual garantiza las operaciones y actividades en las cuales se utilizan estos equipos, normalmente para cubrir eventos sociales.

Ambiental

Al tener equipos y máquinas en constante supervisión en cuanto a su funcionalidad, los valores de la combustión se acercan al valor estipulado por el fabricante, con lo cual se garantiza que los niveles de emisión de gases de escape no son tan elevados, es decir con valores en cantidad y calidad de los gases de combustión, dentro de los estándares mínimos permitidos.

1.6 Hipótesis

Analizar las partículas metálicas del aceite lubricante para la determinación del tipo de desgaste de los componentes móviles de un motor de combustión interna.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Estudio de partículas metálicas del aceite lubricante para la determinación del tipo de desgaste de las piezas móviles de un motor de combustión interna.

1.7.2 Objetivos específicos

- a) Realizar un análisis de estado actual de operatividad y mantenimiento de la maquinaria y equipos.
- b) Determinar los parámetros del lubricante y los niveles máximos permisibles de partículas sólidas en suspensión.
- c) Analizar los valores del aceite extraído de Motores, mediante un protocolo previamente definido.
- d) Establecer cualitativamente y cuantitativamente la relación entre el análisis de aceite y los desgastes de los elementos.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El actual análisis es no experimental, por lo que no se trabaja con la variable independiente con el fin de observar la consecuencia en las demás variables, basado en la observación de su entorno para sus posteriores estudios, el indagador no cuenta con ningún control en la variable independiente por lo que el hecho ya ocurrió.

Descriptiva

El trabajo es de tipo descriptiva, por lo que se observa y detalla el problema tal cual se muestra de manera natural sin que haya sido intervenido por investigadores.

Analisis	T1
P1	V1
P2	V2

En la cual:

P1 y P2 indican el N° de muestra

V1 y V2 indica observaciones

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Variable independiente

Análisis de partículas metálicas del aceite lubricante

2.2.2 Variable dependiente

Determinación del tipo de desgaste de los componentes móviles de un motor de combustión interna.

2.2.3 Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Indicadores
Dependiente. ANÁLISIS DE PARTÍCULAS METÁLICAS DEL ACEITE LUBRICANTE	Es la determinación de las características físicas del aceite que se ha utilizado como lubricante en el motor, durante un periodo de tiempo, a fin de establecer desgastes en el motor.	Mediante procedimiento de extracción de muestras, y con la medición de sólidos disueltos en el aceite, determina los desgastes en los diferentes mecanismos que están sometidos a fricción dentro del motor.	Razón o Proporción	Planificación.
				Ejecución
				Control
Independiente: DETERMINACIÓN DEL TIPO DE DESGASTE DE LAS PIEZAS MÓVILES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	Es el hecho que se produce debido al desgaste que causa la corrosión en los metales y elementos internos del motor de combustión interna, este rozamiento provoca que parte del material sea arrancado de la estructura.	La medición del desgaste por abrasión, se mide por la variación de los parámetros de funcionamiento del motor, disminuyendo en la potencia que genera, así como también en el incremento del consumo de combustible.	mm KW. Galones / Km.	mm de desgaste. Potencia Mecánica. Consumo de Combustible.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Equipos y máquinas de la Empresa RD RENTAL SAC.

2.3.2 Muestra

Está constituida de diferentes muestras extraídas de equipos y maquinas en diferentes tiempos, estas muestras serán llevadas al laboratorio para ser analizadas.

Estas muestras serán recogidas en el campo donde la excavadora y el grupo electrógeno estarían trabajando de forma continua.

Las tomas de muestra se realizaron de la siguiente manera:

- La máquina tiene que estar operando, “en aplicación” por lo que tenemos que extraer la muestra con una temperatura de 40C°
- El muestreo se tiene que realizar en zona viva; quiere decir que el motor se encuentre en marcha.
- El lugar correcto para sacar la muestra es antes de los filtros de aceite.
- Limpieza extrema de los componentes y válvulas. Está herramienta llamada VAMPIRE que está compuesta de bomba manual, manguera de 6mm exterior y 4mm de interior y frasco de 160ml.
- Muestreo a una frecuencia determinada, en este trabajo de investigación realizaremos la extracción de muestras cada 250 horas aproximadamente, antes de realizar el mantenimiento preventivo MP1.
- Se tiene que llevar un control de registro de horas de aceite.
- Las muestras extraídas, se enviarán de inmediato al laboratorio.

Para realizar este procedimiento usamos el método de la bomba manual de vacío (VAMPIRE), es el más recomendado debido a que el aceite no entra en contacto con el medio ambiente y permite que el acceso a la línea de flujo del equipo, que permitirá tener una muestra representativa de la condición del mismo y del fluido.

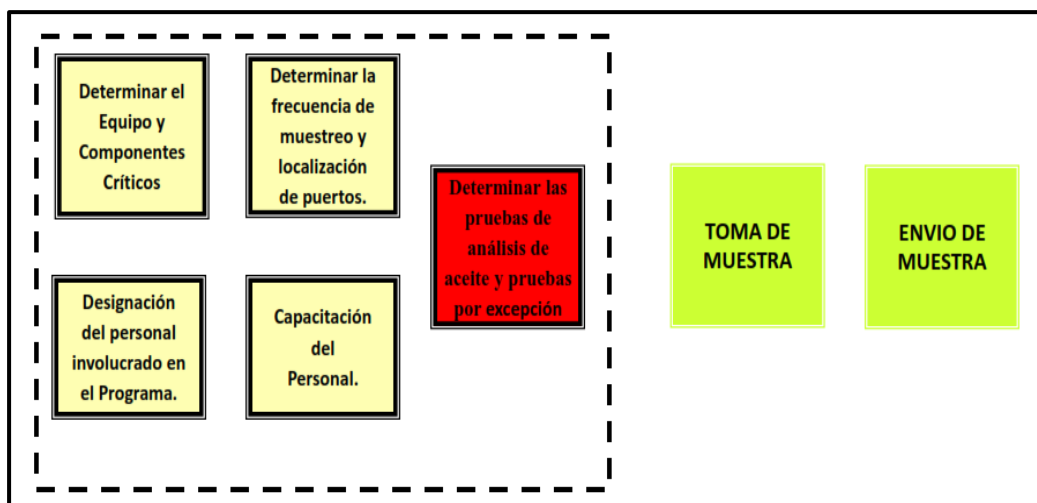


Figura 8: Factores que determinan la frecuencia del muestreo

Procedimiento para la toma de muestra

Seguiremos una serie de pasos para obtener las muestras de aceite, extraída del equipo y máquina de la propiedad de RD Rental.

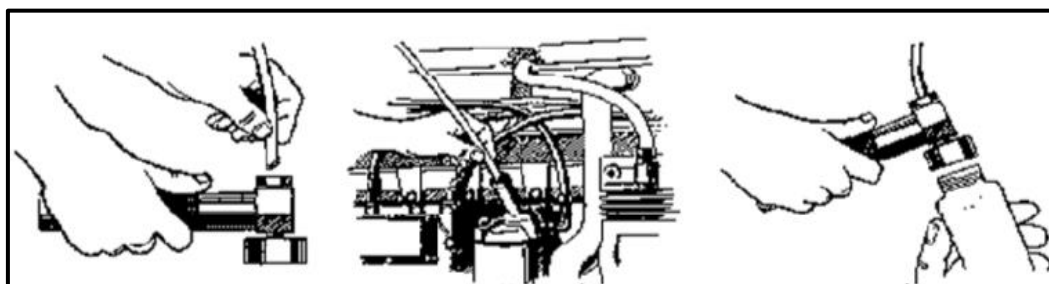


Figura 9: Procedimiento para la toma de muestra.

1. Atornille el frasco (vacío) para muestreo en el cabezal de la bomba hasta obtener un ajuste hermético.
2. A través de la perilla roscada ubicada en la parte de arriba llamada cabeza de bomba, introduzca la manguera (previamente asegurar su limpieza externa e interna) hasta la mitad del frasco aprox. y luego atornille la perilla para dejar fija la manguera (tener cuidado de no llegar a estrangularla).
3. Antes del muestreo, se verifico que el grupo electrógeno o la maquina este en servicio o, por lo menos, este haya sido recién detenido.
4. Retire la bayoneta que indica su medida del fluido el tapón/tapa de acceso al reservorio de aceite(parte superior)
5. Introduzca la manguera a través del acceso, hasta una profundidad lo más aproximada posible al nivel medio del nivel de aceite.

6. Jale el embolo de la bomba y observe el llenado del frasco. Repita este paso tantas veces como se necesario, hasta obtener aprox. 85% del volumen del frasco. Durante el muestreo mantener el frasco siempre vertical.
7. Se retiró con cuidado el frasco del cabezal, tápelo e identifíquelo.
8. Retirar la manguera del cabezal y deséchelo apropiadamente. Luego del muestreo éste no deberá volver a usarse.
9. De no contarse con la bomba para muestreo, podrá tomarse la prueba por medio de la tapa del depurador del reservorio de aceite (parte inferior), dejando chorrear previamente una buena cantidad en un recipiente para desechos y luego dejando caer el aceite al interior del frasco. Este es un método a ser empleado en situaciones de urgencia, pero NO es el método más recomendado para efectos de muestreo representativo de la condición de la maquinaria y del aceite.



Figura 10: Muestras extraídas de las máquinas de Rd Rental

LLENADO DE ETIQUETAS



Shell Check N° 88891
 Av. Contralmirante Mora 687 Callao
 Telfs: 465-7978 / 465-7986 Fax: 429-2722



LUBCOM
 Especialistas En Lubricación

CODIGO DEL EQUIPO

Algún problema/
asunto relevante/
cliente del cliente

Información del
equipo, lo más
relevante el
nombre, modelo y
HORAS

CODIGO SHELL CHECK		CLIENTE O RAZON SOC.		REFERENCIA SHELL	
OBS.:					
NOMBRE DEL EQUIPO:			CAPACIDAD DEL CARTER O DEPOSITO DEL SISTEMA		
MARCA:			GLNS		
MODELO / # SERIE:			RELLENO DE ACEITE DESDE EL ULTIMO CAMBIO		
HRS/KM MOTOR/COMP:			GLNS		
NOMBRE COMERCIAL:			MUESTRA TOMADA DEL:		
FECHA DE MUESTREO:			<input type="checkbox"/> CARTER <input type="checkbox"/> SIST. HIDRAULICO <input type="checkbox"/> TRANSMISION <input type="checkbox"/> C.J. ENGRANAJES <input type="checkbox"/> MANDO FINAL DER. <input type="checkbox"/> MANDO FINAL IZQ. <input type="checkbox"/> EJE DELANTERO <input type="checkbox"/> EJE POSTERIOR		
HRS/KM ACEITE:					


IMPORTANTE: •TOME LA MUESTRA CUANDO EL ACEITE ESTE CALIENTE Y CON EL EQUIPO FUNCIONANDO •NO SE ANALIZARAN LAS MUESTRAS QUE NO PRESENTEN ESTA ETIQUETA CORRECTAMENTE LLENADA.

Información del Aceite: Colocar nombre completo y grado (Ejem. RIMULA R4 15W40 , RIMULA R4L 15W40, etc.)

Hóras de uso del aceite.

Sin esta información ó si está incompleta NO SE ANALIZARAN LAS MUESTRAS

Ejem. CHOICE EYS

LUBCOM

Información importante a efectos de calificación

En caso de haber rellenos

Marcar de que componente se tomó la muestra, si no está en la lista, puede escribirlo.

Figura 11: Llenado correcto de etiqueta según Lubcom

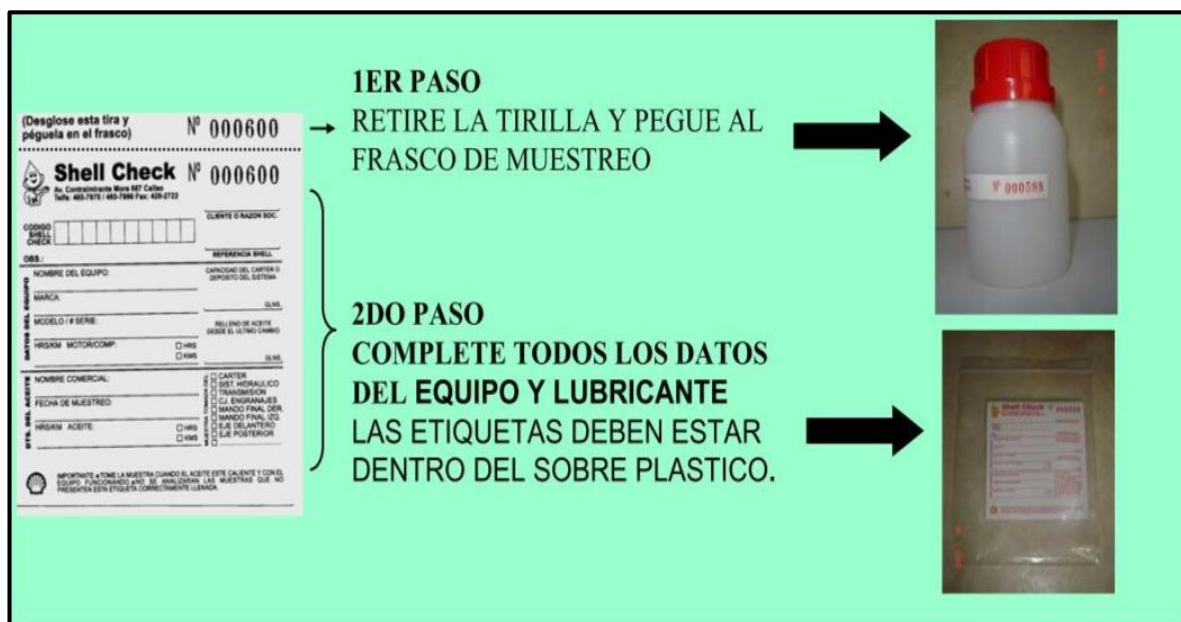


Figura 12: Correcto uso de etiqueta.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas

En este estudio, se emplearan las técnicas descritas como observación y técnicas de recolección: Se revisarán los trabajos de Investigación, artículos científicos, propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes

2.4.2 Instrumentos

En este trabajo de indagación se usaron las siguientes herramientas y utillaje para extraer la muestra de aceite.

- Bomba manual.
- Manguera de 6mm de diámetro exterior y 4mm de diámetro interior
- Frasco de plástico de 160 ml.

También se investigó que instrumentos utilizan en el laboratorio donde analizan el aceite enviado. Como se muestra a continuación.

INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS

Viscosímetro automático Huillón

Este equipo se usa de acuerdo bajo la norma ASTM D 445 la cual indica los parámetros del análisis a realizar por cada prueba.



Figura 13: Viscosímetro para análisis de aceite

Espectrómetro para determinar moléculas de desgaste

- Este equipo determina la proporcionalidad de metal desgastado.
- Proporcionalidad de contaminantes y aditivos

Este aparato sirve para conocer la cantidad de partículas de desgaste y advierte si está produciéndose un desgaste prematuro de los componentes, siendo este equipo usado bajo la norma ASTM D6595 que nos indica el procedimiento de cada muestra.



Figura 14: Espectrógrafo de partículas de metal

Equipo para determinar el punto de inflamación

Descripción

Es un instrumento fácil de manipular, este nos ayuda a determinar el punto de inflamación en un periodo real durante el análisis y ayudando al control de los ensayos y el estudio estadístico. Funciones de red, controlado por PC, operación de gestión de los datos disponibles.



Figura 15: Aparato que precisa el punto de inflamación

Equipo para determinar el punto de fluidez

Características y beneficios

Este equipo facilita que las muestras sean estándar y operar individualmente en red independiente y proporcionando documentación íntegra y global de los parámetros de pruebas.



Figura 16: Dispositivo para establecer la fluidez

Espectrofotómetro Infra-Rojo (FT-IR)

Establece su conformación química del aceite,

Principios de funcionamiento

El estudio por espectroscopia FT-IR de partículas en los lubricantes y fluidos hidráulicos genera datos de forma moleculares importantes, incorporando aditivo, intermisión de los fluidos y polución exterior. Los resultados de los lubricantes utilizados del espectro infrarrojo se comparan con las bases del espectro seleccionado dentro uno del grupo de acuerdo al lubricante. La desigualdad en espectro IR son calculadas. Las cantidades de oxidación, los reportes son como nitración y sulfato, hollín, agua y glicol. Este equipo puede ser usado para las pruebas de lubricantes industriales.



Figura 17: Espectrofotómetro infrarrojo

2.4.3 Recojo de datos

Los datos fueron tomados directamente desde los instrumentos del laboratorio y registrado e impreso en un formato legal llamado “ESTUDIOS DE LUBRICANTES USADOS”, mostrados en la zona de anexos.

2.4.4 Validez y confiabilidad

Validez: Su veracidad de este trabajo de investigación nos incumbe a la hermenéutica justa y minuciosa exhaustivo del desarrollo metódico del producto alcanzado del proyecto en la materia científica analizada en este trabajo **“EL ANALIZAR LAS PARTÍCULAS METÁLICAS DEL ACEITE LUBRICANTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIPO DE DESGASTE DE LOS COMPONENTES MÓVILES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”**

2.5 Métodos de análisis de datos

Las muestras obtenidas son analizadas en laboratorios especializados, y se realiza el estudio de las propiedades químicas y físicas del aceite lubricante.

2.6 Aspectos éticos

El indagador dispone como finalidad de incorporar información veraz y comprometiéndose con la toma de decisiones para su confiabilidad, salud, cuidado del ambiente, siendo digno y practico al desarrollar las respuestas del estudio.

III. RESULTADOS

En esta parte se muestra los datos logrados durante este estudio:

3.1 Realizar un estudio de estado actual de operatividad y mantenimiento de la maquinaria y equipos

La empresa RD Rental SAC, con RUC N° 20517668657, con sede sita en PJ Chosica del Norte Lote N° 1, MZ N° 1, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque realiza un diagnóstico de sus equipos y maquinaria utiliza un método preventivo del estudio en lubricante en la cual determinamos sus características físicas y químicas del fluido.

Con este método la empresa RD Rental permite evaluar el nivel de uso de las piezas móviles del motor, con la finalidad de planificar y elaborar programas de planes de mantenimiento preventivo y correctivos.

El área de operaciones de mi representada se ha proyectado de forma efectiva, con la intención de obtener el logro, logrando altos niveles de eficiencia y calidad cuyo objetivo es la operatividad del equipo al 100%, minimizando costos de mantenimiento y optimización de tiempo garantizando la disponibilidad y confiabilidad de equipos y máquinas a nuestros clientes.



Figura 18: Vista de maquinaria y equipos de planta

La empresa Rd Rental ha estandarizado los tipos de mantenimiento, según las condiciones donde trabajan dichos equipos.

En el siguiente cuadro nos indica la frecuencia de cambio de suministros.

Tabla 5: *Mantenimiento por cantidad de horas*

Tipo de mantenimiento	Cantidad de horas	Argumento
MP1	250	Reemplazo de lubricante de motor, filtro de aceite, filtros de combustible y filtros de aire.
MP2	500	MP1+ sustituir el filtro hidráulicos, filtros de transmisión
MP3	1000	MP1+ MP2+ canjear el ACEITE de: transmisión, diferencial, tornamesa.
MP4	2000	MP1+ MP2+MP3+ cambiar el ACEITE de: hidráulico, diferencial, calibración de válvulas del motor.

Fuente: elaboración propia

Los equipos y máquinas a las cuales vamos a analizar el aceite son los siguientes, a continuación, mencionamos las fichas técnicas de cada uno de ellos.

EXCAVADORA DE ORRUGA:

Marca: Link Belt

Modelo: 350x2

Capacidad de Carga: 22,136 Kg

Distancia Máxima de Carga: 11.90 Mts en Horizontal

Motor: CAT, Modelo: C6.6 – GHK 1XYSS

Rango de Potencia Motor: 200 – 210 KW, Variable

Rango de Torque Motor: 1,000 – 1,080 Nm

Inyección y Control: Electrónico - ECU

Ancho de Zapatas: 800 MMS

Rango de Presiones Sistema Hidráulico: 304 – 376 Bar

Velocidad de Rotación: 0 – 9.8 rpm

Capacidad de Tanques de aceite: 350 Litros



Figura 19: Excavadora de orugas

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP4)													
CLIENTE:		RD RUC CHICLAYO		MARCA:		LINK-BELT							
OBRA:				MODELO:		850K2							
FECHA SALIDA		01/06/18		N° SERIE:		LBK350QNMHEK1232							
HOROMETRO DE SALI		3000		MOTOR:		CAT							
CODIGO INTERNO RD		EXC29-02		MODELO:		CB.6							
DESCRIPCION		Excavadora con brazo corto de 2.63 m y orugas de 800mm		SERIE:		559317							

P.J Chosica del Norte Mz1.Lote1
La Victoria-Chiclayo
Tel.: (074) 607385

MES: **JUNIO**

Codigo RD	CANI	DESCRIPCION	Ultimo Mantenimiento		Mito Preventivo 250 Hrs		Mito Preventivo 500 Hrs		Mito Preventivo 750 Hrs		Mito Preventivo 1000Hrs		Proximo Mito Preventivo 2000 Hrs	
			Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro
EXC35-02		Excavadora con brazo corto de 2.63 m y orugas de 800mm	01-jun-18	3000		3250.0		3500.0		3750.0		4000.0		5000.0
113240-232-2	1	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
898143-041-0	1	FILTRO COMBUSTIBLE PRINCIPAL	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
MMH80290	1	PRFILTRO DE COMBUSTIBLE	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
P537876	1	FILTRO AIRE EXTERIOR	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
P537877	1	FILTRO AIRE INTERIOR	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
120480	10.5	ACEITE DE MOTOR	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
890P	1	FILTRO RACOR	01-jun-18	3000		+		+		+		+		+
TRIC00L	8	REFRIGERANTE	01-jun-18	3000								+		+
K0H1025	1	CORREA DE VENTILADOR	01-jun-18	3000								+		+
17K1140	1	CORREA AIRE ACONDICIONADO	01-jun-18	3000								+		+
K017730	1	FILTRO DE ACEITE PILOTO	01-jun-18	3000								+		+
K0120730	1	FILTRO RETORNO	01-jun-18	3000								+		+
K03401	1	FILTRO DEL RESPIRADERO DE AIRE	01-jun-18	3000								+		+
K03403	1	EMPAQUE DE RESPIRADERO DE AIRE	01-jun-18	3000								+		+
K022875	1	FILTRO DE ASPIRACION	01-jun-18	3000								+		+
TELLUS 40	48	ACEITE HIDRAULICO	01-jun-18	3000								+		+
80W90	8	ACEITE PARA ENGRANAJES REDUCTORES DE PROPULSION (O	01-jun-18	3000								+		+
		ACEITE PARA ENGRANAJES REDUCTORES DE GIRO	01-jun-18	3000								+		+

Figura 20: Plan de mantenimiento de la excavadora

GRUPO ELECTROGENO.

Marca: Cummins

Modelo: MLT - 4060

Rango de Potencia: 8.2 – 9.1 KW

Alternador: 7.5 KVA

Potencia de Iluminación: 6 KW

Peso: 840 Kg.

Largo * Ancho: 4.32 * 1.60 Mts

Voltaje: 120 – 240 Voltios

Amperaje: 25 – 50 A

Capacidad de Aceite: 10 Litros



Figura 21: Torres de iluminación

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MPI)			
CLIENTE:	RD RENTAL	MARCA:	CUMMINS
OBRA:		MODELO:	MLT - 4060
FECHA SALIDA	10/06/18	N° SERIE:	1302182
HOROMETRO SALIDA	3250.00	MOTOR:	CUMMINS
CODIGO INTERNO RD	L006-305	MODELO:	L3E
DESCRIPCION	TORRE DE ILUMINACIÓN DE 6 KW	SERIE:	A3277D2



P.J Chosica del Norte Mz1 Lote1
La Victoria-Chiclayo
Telf.: (074) 607395

			Ultimo Mantenimiento		Mito Preventivo 500 Hrs		Mito Preventivo 750 Hrs		Mito Preventivo 1000Hrs		Proximo Mito Preventivo 2000 Hrs	
Codigo RD	CANT	DESCRIPCION	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro
			10/06/2018	3250.0		3500.0		3750.0		4000.0		5000.0
30A4000105	1	FILTRO DE ACEITE	10/06/2018	X		X		X		X		X
10680	1	FILTRO DE COMBUSTIBLE	10/06/2018	X		X		X		X		X
P822080	1	FILTRO DE AIRE	10/06/2018	X		X		X		X		X
505738	1	ACEITE DE MOTOR 15W40 (05 galones)	10/06/2018	X		X		X		X		X
1089238	3.5	REFRIGERANTE VOLVO (5 litros)								X		X
MM433133	1	EMPAQUE DE TAPA DE BALANCINES								X		X
MD079096D	1	FAJA DE VENTILADOR								X		X
5011	1	AGUA DESTILADA (ENVASE 1 LITRO)								X		X

Figura 22: Plan de mantenimiento del grupo electrógeno

3.2 Determinación de los parámetros del lubricante y los niveles máximos permisibles de partículas sólidas en suspensión

En este segundo objetivo vamos a determinar los niveles máximos permisibles de los diferentes tipos de motores que vamos a estudiar.

En siguiente tabla se muestra los parámetros máximos permisibles de partículas sólidas de acuerdo al manual de fabricante. La cual se tiene que tener en cuenta para poder comparar determinar en qué estado se encuentra el motor.

Marca y modelo de equipos a evaluar (excavadora de 35 T y GG.EE de 6kw)

- Motor CAT, modelo C6.6
- Motor Cummins, modelo MLT – 4060

Constructor del Motor			
Análisis de Aceite	Caterpillar	Cummins	Detroit Diesel
	todos los modelos	todos los modelos	todos los modelos
Hierro	100 ppm	84 ppm	150 ppm
Cobre	45 ppm	20 ppm	90 ppm
Plomo	100 ppm	100 ppm	-
Aluminio	15 ppm	15 ppm	-
Cromo	15 ppm	15 ppm	-
Espectroscopia	20 ppm	20 ppm	-
Sodio	40 ppm	20 ppm	50 ppm
Boro	20 ppm	25 ppm	20 ppm
Silico	10 ppm	15 ppm	none specified
Viscosidad	+20 % to -10 % del grado nominal SAE	+/- 1 SAE grade o 4 Cst del aceite nuevo (Visc @ 100 Â° C)	+40 % a -15% del grado nominal (Visc @ 40 Â° C)
Agua	0.25% max	0.2% max.	0.3% max
TBN	1.0 mg KOH/g min estimado	2.0 mg KOH/g min. o la mital del aceite nuevo o equivalente al TAN	1.0 mg KOH/g min estimado
Dilucion Combustible	5% max.	5% max	2.5% max
Dilucion Refrgerante	0.1% max	0.1% max	0.1% max.
Ferrografia	en excepciones	en excepciones	en excepciones

Figura 23: Límite máximo permisible

Según Millones 2011 “las características del aceite como su viscosidad es lo que rige de los que esta poses: como el limite o la película. A pesar de que, a su oposición de fluir los aceites a una temperatura del ensayo indicada en el cuadro de la figura 25, podrá o no mostrar la situación de desempeño si el lubricante indispensable para el motor a -29 °C en marcha, también para lubricar cuando este en temperaturas elevadas como 93°C en plena marcha.

Los aceites comunes contienen una mínima viscosidad en temperaturas elevadas y en temperaturas inferiores una viscosidad alta.

Su oposición de fluidez de los lubricantes minerales se establece, de acuerdo a la clasificación SAE mostradas”.

Clasificación SAE	Escala de viscosidad, segundos Saybolt Universal					
	A 0 °C		A 54 °C		A 99 °C	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
10			90	120		
10 W	6000	12000				
20			120	185		
20 W	12000	48000				
30			185	255		
40			255			80
50					80	105
60					125	125
70					125	150

Figura 24: Rango de viscosidad en los aceites

Según Millones 2012 “El Instituto Americano del Petróleo (API) el cual nos muestra sus propiedades el tipo de motor y condición de aceite. El primer símbolo significa el tipo de motor y el tipo de aceite fabricado. La siguiente letra muestra la calidad API. Al aumentar el orden de letra alfabéticamente, más moderno es el lubricante por esta razón garantiza mejor el cuidado del motor”.

Según Herrera C 2013 “los aceites más adecuados para motores de vehículos son dos: multigrado y el mono grado. El lubricante "multigrado", así como el 10W-30, está fabricado con una elevada propiedad de fluidez, en el tiempo de invierno, de un lubricante 10W con su viscosidad apropiada de acuerdo a su calor de trabajo del aceite SAE 30. Su designación es W para los multigrado muestran que los lubricantes es idóneo en aplicación invernal (en temperaturas basadas entre 30°F/0°C) es recomendable asesorarse en el manual del fabricante”.

Grados de Viscosidad	Arranque en Frío	Descripción
5W-30	-13° F / -25°C	<i>Proveen excelente economía de combustible y un mayor rendimiento a bajas temperatura en la mayoría de los automóviles. Se recomiendan para motores que no están equipados con sobrealimentador. Son recomendados especialmente para automóviles nuevos.</i>
10W-30	0° F / -18°C	<i>La viscosidad recomendada más frecuentemente para la mayoría de los motores automotrices, entre ellos, los multiválvulas de alto rendimiento y los sobrecargados</i>
10W-40	0° F / -18°C	<i>El primer aceite multigrado que salió al mercado. Una buena selección para controlar el desgaste del motor y prevenir la descomposición del aceite debido a la oxidación. Nota: siempre consulte el manual del propietario del vehículo o requisitos de garantía antes de usar este grado.</i>
20W-50	15° F / -9°C	<i>Proporciona máxima protección y alto rendimiento en motores de altas revoluciones. Una excelente elección para altas temperaturas y cargas pesadas.</i>
SAE 30 SAE 40	15° F / -9°C 32° F / 0°C	<i>Para automóviles y camiones ligeros según las recomendaciones de los fabricantes de motores. Su uso no es recomendado cuando se requiere arranque en frío.</i>

Figura 25: División de aceites grado SAE

Estudio de cuantitativa Debris

La diversidad de sus características del lubricante de su estudio de polución, el estudio de moléculas seleccionadas, facilita conseguir datos de la condición del equipo.

Por su deterioro de los elementos que forman a las máquinas, el lubricante se poluciona con residuos grandes de desgaste. Debido a que, la dimensión, la estructura y cantidad es el modo de dato importante para saber el cuidado interior en los equipos. Hay diversas variedades de métodos de Espectrofotometría y electromagnética atributivo y de proporción de partículas en el lubricante.

3.3 Análisis de los valores del aceite extraído de motores, mediante un protocolo previamente definido

Del Análisis de las 04 Muestras obtenidas, por la utilización de análisis Espectrofotómetro, para aceite hidráulico se obtienen los datos que mostraremos en tabla adjunta, para distintos tipos de metales, con las cuales efectuaremos un análisis estadísticos de ajuste a una curva de distribución de probabilidad estructurada (Normal, Binomial etc.), efectuaremos las pruebas estadísticas pertinentes (T–Student, Chi Cuadrado, entre otras), y determinaremos la significancia estadística (Validez), de los estadígrafos de dispersión y estadígrafos de concentración.

Tabla 6: Resultados análisis espectrográfico

ANÁLISIS DE ACEITES USADOS								
TIPO DE METAL	FECHAS Y HORÓMETROS DEL GRUPO ELECTRÓGENO				FECHAS Y HORÓMETROS DE LA EXCAVADORA			
	15/06/2018	05/10/2018	14/02/2019	21/06/2019	08/06/2018	12/10/2018	21/02/2019	14/06/2019
	3,456 H	3.769h	3,983h	4,267h	3,245 h	3.369 h	3,512h	3,754h
HIERRO (Fe) PPM	45	49	55	59	34	39	44	49
CROMO (Cr) PPM	0	0	0	1	0	0	0	1
NIQUEL (Ni) PPM	0	0	0	2	0	0	0	1
ALUMINIO (Al) PPM	7	8	9	11	11	12	14	14
COBRE (Cu) PPM	6	8	10	11	6	8	10	11
PLOMO (Pb) PPM	1	1	1	1	0	0	1	1
ESTAÑO (Sn) PPM	0	0	0	1	0	0	0	1
MANGANESO (Mn) PPM	0	0	0	2	0	0	0	1
CADMIO (Cd) PPM	0	0	0	0	0	0	0	0
VANADIO (V) PPM	0	0	0	1	0	0	0	1
SILICIO (Si) PPM	18	18	20	21	11	13	14	15
SODIO (Na) PPM	3	3	3	4	2	2	3	4
POTASIO (K) PPM	1	1	1	1	1	1	1	1
BARIO (Ba) PPM	0	0	0	0	0	0	0	0
BORO (B) PPM	1	1	1	1	1	1	1	1
MOLIBDENO (Mb) PPM	0	1	1	1	0	1	1	1
MAGNESIO (Mg) PPM	9	11	12	13	7	9	10	12
CALCIO (Ca) PPM	54	57	59	61	45	49	52	54
FOSFORO (P) PPM	25	27	29	31	35	39	39	41
ZINC (Zn) PPM	29	31	33	33	29	31	33	33

Fuente: Empresa RD Rental. Elaboración Propia

De donde podemos arribar a las siguientes conclusiones luego de la discusión correspondiente, en el caso de la Maquina N°01, de las siguientes características: Excavadora Hidráulica, Marca Link Belt, Modelo 350X2, Lubricante Tellus 68 – Shell, noviembre del 2018 y el equipo N°02, grupo electrógeno de 6kw marca cummins.

Se nota un elevado presencia de Hierro, por lo que debemos de analizar la compresión del motor , por un probable desgaste fuera de norma de los cilindros de motor de cuatro tiempos, de verificarse el desgaste se tiene que proceder a una reparación vía rectificado y pulido de los cilindros, también se tiene que verificar el deterioro del eje de levas, válvulas, taques, biela y manivela, pues son los elementos que están constituidos principalmente por hierro o acero aleado (Combinado con diversos elementos, tales como Manganeso, Molibdeno, Cromo, etc.)

Se detecta la presencia de silicio, lo cual nos revela la presencia de arena, es decir que los filtros de aire del motor no están funcionando de la manera correcta y/o la máquina está siendo sometida a trabajos en zonas con demasiada polución ambiental (Sólidos en suspensión que exceden los Estándares de Calidad Ambiental)

En cuanto al zinc y el fósforo, estos por diseño del aceite lubricante, trabajan juntos para abastecer el engrase máxima cuando el engrase hidrodinámico no supera lo necesario de fuerza y rozamiento, es decir la llamada protección se llama anti desgaste, los niveles demuestran niveles bajos, lo cual nos indica que el aceite, ya perdió su poder anti desgaste y necesita cambio, también se debe tener en cuenta, que la mayor parte de la transformación que se observa en los aceites utilizado es degradado o evaporado, la mayoría de ocasiones la disminución de su cantidad de zinc y fósforo por lo explosivo que es (excelencia) de su mezcla usada. Su gasificación o ignición de zinc es perjudicial para el ecosistema, poluciona el catalizador del vehículo y disminuye el cuidado de diversos elementos del motor.

La presencia de Calcio y Magnesio, nos revela el estado del aditivo detergente, utilizados por su capacidad para la neutralización de ácidos y de esa manera prevenir la corrosión acida en el motor, ya que el número básico (NB), de la mayoría de aceites de motor proviene del aditivo detergente, que contiene metales (Calcio y Magnesio),

los cuales con su presencia ayudan a mejorar el contenido de cenizas y su habilidad para prevenir la corrosión interna acida del motor y disminuir la contaminación ambiental.

La presencia de Na (Sodio), en el aceite, nos determina que existe una fuga de refrigerante hacia el Cárter del motor, lo cual en concentraciones mayores que todavía no se producen en nuestro caso, nos puede llegar a que el aceite emulsione e incluso cambie de color, por lo cual es necesario realizar mediciones periódicas del aceite, cada 250 Horas, lo cual con la precisión de los instrumentos nos permite detectar la más mínima variación en la concentración de Sodio en el aceite.

La presencia de Potasio, se debe al ingreso de agua de refrigeración, por lo que es necesario verificar la pérdida de presión, la baja compresión en la culata, también habría que analizar las técnicas de conservación y limpieza y cualquier ingreso accidental de agua al depósito de aceite.

La presencia de Cobre, se debe normalmente a desgastes en los metales, bocinas, panel de aceite, anillos de presión, bujes de bielas, guías de válvulas, debemos de tener en cuenta que los metales y bocinas común mente son capas de metal suave cuya función es amortiguar la percusión y deterioro así evitando que se desgaste el cigüeñal y las bielas, este desgaste se produce por falta de lubricación hidrodinámica – por falla en la viscosidad o mal accionar de los aditivos anti – desgaste para proveer lubricación marginal o estática, produciéndose el rozamiento con su contraparte (Cigüeñal, Biela) y es donde aparece el desgaste en forma de limaduras de cobre.

En el caso de los conductos de válvulas, estas deben durar más años, si bien, dado que el lubricante utilizado es de mala características y se calcina en el vástago, este hollín destruye las guías, de válvulas ocasionando, presencia de (Cu) por encima de los límites permitidos en los análisis corrosivos: el panel de enfriamiento de aceite está sometido a corrosión por no usar refrigerantes y debido a los ácidos. Aumentando esto cuando los recorridos son cortos de (3 a 5km) o al no contar con termostato, también se debe al no esperar que logre su temperatura de trabajo, otro factor es por no poner en uso varios meses.

La presencia de aluminio, en forma de fragmentos pequeños de deterioro de aluminio (luego de retirar lo que entra como polvo por el mal accionar de los filtros), proviene de las bocinas metales, bulones, arandelas de presión y cojinete del compresor.

Comúnmente las bocinas y cojinetes funcionan al 100% en engrase hidrodinámico, al fallar este tipo de aceitado o al ensuciarse el aceite se produce rozamiento en los mecanismos y hay desgaste excesivo. Los desgastes por aluminio se da cuando los émbolos no se están engrasando hidrodinámicamente o debido al desgaste de los segmentos con las paredes del cilindro dejando al émbolo rosar en las partes laterales de su falda.

Obteniéndose de la experiencia de lo sucedido en la empresa RD Rental SAC y como conclusión después de la discusión, el siguiente cuadro que liga el tipo de limadura obtenida a la falla de motor presentada.

Parámetro de Control		Elemento del Motor en falla
Hierro	Fe	Cigüeñal, camisa, árbol de levas, taqués, guías de válvulas
Plomo	Pb	Cojinetes de biela y del cigüeñal
Cobre	Cu	Cojinetes de biela y del cigüeñal, metales de biela, enfriador de aceite
Estaño	Sn	Capa superficial de metales de fricción
Cromo	Cr	Anillos de pistón, vástagos de válvulas
Aluminio	Al	Pistones, intercooler, suciedad
Níquel	Ni	Capa intermedia de los cojinetes de fricción, metales de balancines
Molibdeno	Mo	Anillos de pistón, vástagos de válvulas
Silicio	Si	Arena, polvo atmosférico
Viscosidad		Reducción: Dilución de combustible
		Aumento: Oxidación, contaminación con hollín
Hollín		Combustión incompleta
Agua		Agua de refrigeración, condensaciones
Combustible		Combustión incompleta, inyectores defectuosos
Refrigerante		Elevados niveles de Sodio, Boro y Potasio
TBN		Alcalinidad restante para la neutralización de ácidos

Figura 26: Tabla resumen de limaduras – tipo de falla

3.4 Relación cuantitativa del análisis de aceite y desgastes de los elementos.

Para el caso del grupo electrógeno

Marca: Cummins, Modelo: MLT – 4060

Tomaremos muestras en el espacio del tiempo y analizaremos su variación con respecto a esta variable:

TIPO DE METAL	15/06/18	05/10/18	14/02/19	21/06/19
Hierro (Fe) PPM	45	49	55	59
Cromo (Cr) PPM	0	0	0	1
Níquel (Ni) PPM	0	0	0	2
Aluminio (Al) PPM	7	8	9	11
Cobre (Cu) PPM	6	8	10	11
Plomo (Pb) PPM	1	1	1	1
Estaño (Sn) PPM	0	0	0	1
Manganeso (Mn) PPM	0	0	0	2
Cadmio (Cd) PPM	0	0	0	0
Vanadio (V) PPM	0	0	0	1
Silicio (Si) PPM	18	18	20	21
Sodio (Na) PPM	3	3	3	4
Potasio (K) PPM	1	1	1	1
Bario (Ba) PPM	0	0	0	0
Boro (B) PPM	1	1	1	1
Molibdeno (Mb) PPM	0	1	1	1
Magnesio (Mg) PPM	9	11	12	13
Calcio (Ca) PPM	54	57	59	61
Fósforo (P) PPM	25	27	29	31
Zinc (Zn) PPM	29	31	33	33

Figura 27: Resultados muestreo grupo electrógeno

Las muestras fueron tomadas en diferentes horómetros y tiempos progresivamente conforme la máquina fue trabajando.

El Horómetro marca, lo siguiente:

- 15/06/2018 - 3,456 Horas
- 05/10/2018 - 3.769 Horas
- 14/02/2019 - 3,983 Horas
- 21/06/2019 - 4,267 Horas



Figura 28: Vista de toma de muestras – grupo electrógeno

Para el caso de excavadora de oruga:

Marca: Link Belt

Modelo: 350x2

Capacidad de Carga: 22,136 Kgs

Tomaremos muestras en el espacio del tiempo y analizaremos su variación con respecto a esta variable:

TIPO DE METAL	08/06/18	12/10/18	21/02/19	14/06/19
Hierro (Fe) PPM	34	39	44	49
Cromo (Cr) PPM	0	0	0	1
Níquel (Ni) PPM	0	0	0	1
Aluminio (Al) PPM	11	12	14	14
Cobre (Cu) PPM	6	8	10	11
Plomo (Pb) PPM	0	0	1	1
Estaño (Sn) PPM	0	0	0	1
Manganeso (Mn) PPM	0	0	0	1
Cadmio (Cd) PPM	0	0	0	0
Vanadio (V) PPM	0	0	0	1
Silicio (Si) PPM	11	13	14	15
Sodio (Na) PPM	2	2	3	4
Potasio (K) PPM	1	1	1	1
Bario (Ba) PPM	0	0	0	0
Boro (B) PPM	1	1	1	1
Molibdeno (Mb) PPM	0	1	1	1
Magnesio (Mg) PPM	7	9	10	12
Calcio (Ca) PPM	45	49	52	54
Fosforo (P) PPM	35	39	39	41
Zinc (Zn) PPM	29	31	33	33

Figura 29: Resultados muestreo excavadora orugas

Las muestras fueron tomadas en diferentes horómetros y tiempos progresivamente conforme el grupo electrógeno fue trabajando.

El Horómetro marca, lo siguiente:

- 08/06/2018 - 3,245 Horas
- 12/10/2018 - 3.369 Horas
- 21/02/2019 - 3,512 Horas
- 14/06/2019 - 3,754 Horas



Figura 30: Vista de toma de muestras – excavadora

De los análisis de aceites efectuados a los motores de máquinas y generadores de la empresa RD RENTAL SAC, podemos establecer las siguientes relaciones cuantitativas:

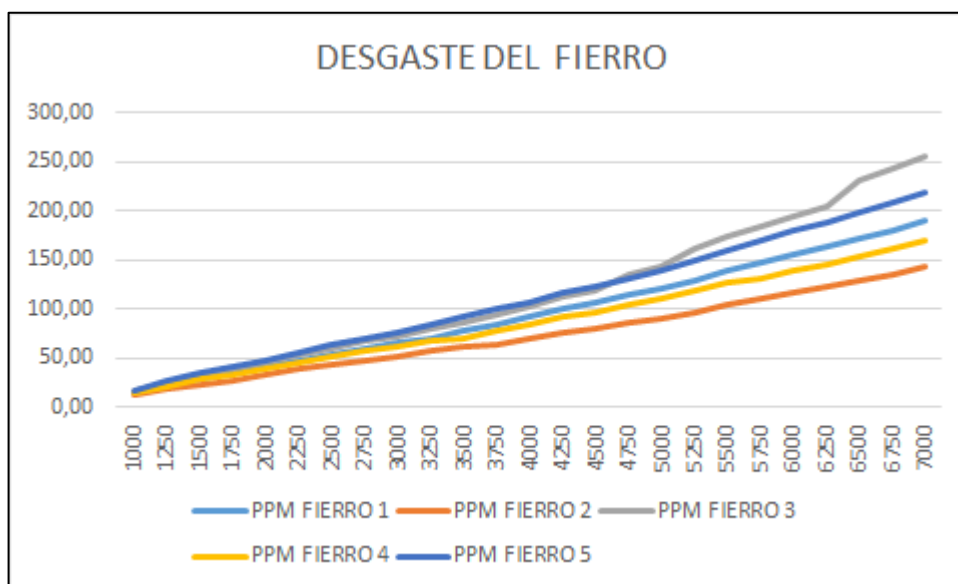


Figura 31: Desgaste por hierro de la máquina de Rd Rental SAC

(Muestra la relación entre la presencia de PPM de Hierro y el Número de Horas de Funcionamiento en diferentes Maquinas)

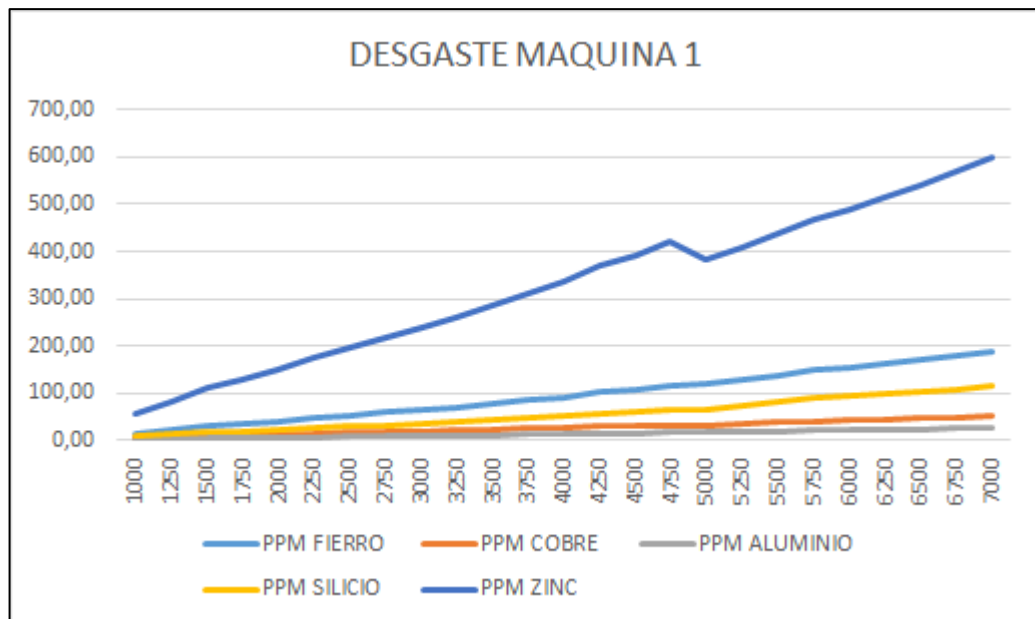


Figura 32: Desgaste por tipo de metal de maquina 1

(Muestra la relación entre la Presencia de PPM de Hierro, Cobre, Aluminio, Silicio, Zinc, para la Maquina N° 1)

De manera cualitativa, debemos de deducir, las siguientes relaciones entre el procedimiento de toma de muestras, los resultados analizados e interpretados de estos resultados, así como el desgaste de los distintos elementos de máquina de los motores de cuatro ciclos.

En los resultados de los laboratorios de aceite de motor se dio especial atención a los apartados de viscosidad, aluminio, hierro, cromo, cobre, plomo, estaño, sodio y silicio; se hicieron análisis de cómo era su comportamiento clasificado en las tres tipologías de flota para mirar cómo es su variación y cómo se puede analizar, ya que estos son los parámetros que comúnmente se encuentran.

Teniendo en cuenta estos parámetros vistos anteriormente junto con las revisiones que hacen los técnicos y los reportes, se elaboró la relación del orden de reparación de los motores.

Los Resultados los hemos tabulado en los siguientes gráficos: Para el caso de la viscosidad dinámica de los aceites lubricantes.

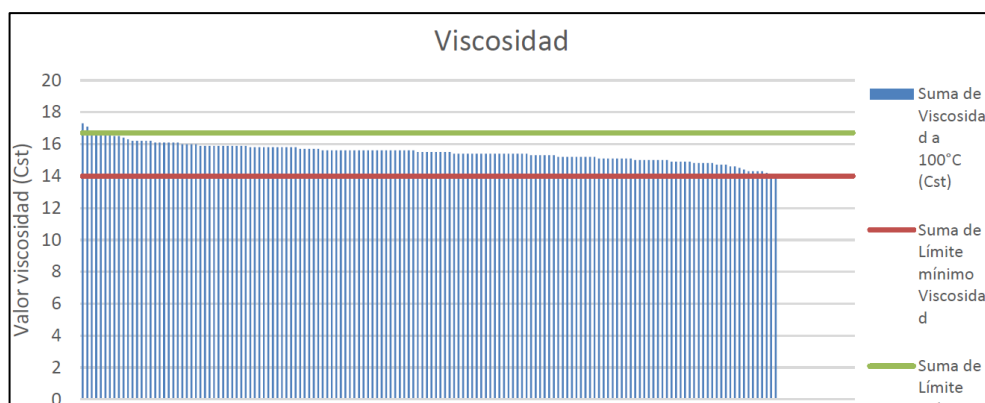


Figura 33: Curva de viscosidad dinámica vs tiempo

Para el caso de la limadura de aluminio presente en el aceite muestreado

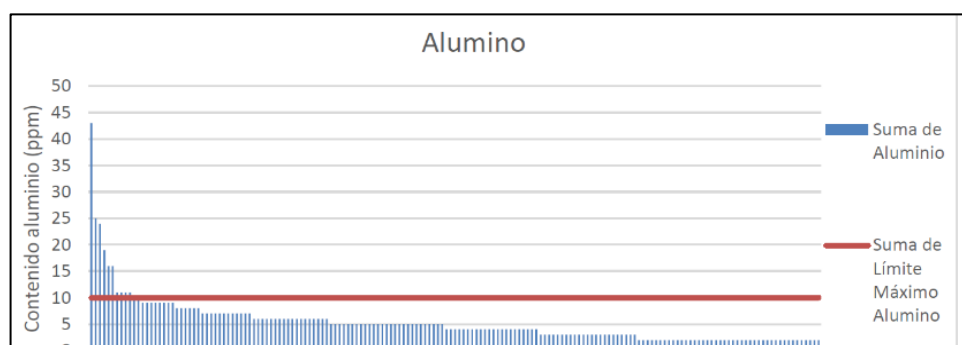


Figura 34: Curva de partículas de aluminio VS tiempo

Para el caso de las limaduras de hierro presentes en el aceite muestreado

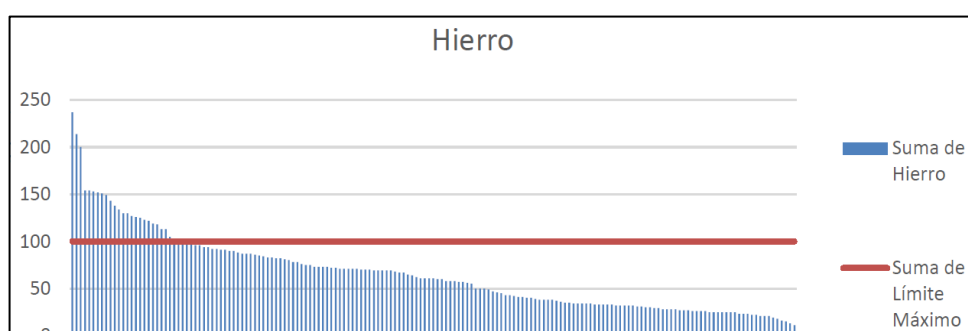


Figura 35: Curva de partículas de hierro VS tiempo

IV. DISCUSIÓN

Como resultado del análisis de comportamiento de los aceites lubricantes en distintos tipos de máquinas, motores de combustión de la empresa RD Rental, podemos discutir la relación entre presencia de limallas de Fierro, Cromo, Níquel, Aluminio, cobre, plomo, con el nivel de desgaste de los componentes internos de los motores y máquinas y la presencia de fósforo, calcio, magnesio del nivel de agotamiento de los aditivos de los aceites lubricantes.

Aparte de averiguar cuál es el estado de su viscosidad Cinemática, densidad, contenido de impurezas tales como hollines, borras, es muy importante el poder averiguar el estado u concentración de limaduras metálicas, tales como aluminio, Acero, cobre, plomo de otros componentes y poder predecir el grado de desgaste de los elementos en base a la concentración de limaduras metálicas y de esta manera poder implementar programas de mantenimiento preventivo y reparar o reemplazar partes de máquinas antes que existan fallas totales.

Se ha contado con el apoyo del personal de la empresa RD Rental, la cual ha permitido la realización de muestreos a sus máquinas, como ha proporcionado resultados de los análisis.

Estos procedimientos que hace algunos años eran muy escasos, restringidos por el costo de los equipos a solo unas cuantas empresas, en la actualidad estos procedimientos por el bajo costo de sus equipos y procedimientos han disminuido de precio y se entregan de una manera mucho más rápida y segura

V. CONCLUSIONES

Los métodos de engrase de los motores de cuatro ciclos en particular y los sistemas hidráulicos, mecánicos en general son esenciales para maximizar la vida útil económica de estos distintos elementos.

El aceite se desgasta en su poder lubricante con el tiempo, perdiendo su poder lubricante, por lo que hay que medir el contenido de sodio y magnesio para analizar el poder lubricante residual de los aceites.

Así mismo el contenido de limaduras de metal, como hierro, aluminio, manganeso, cobre, nos determina el grado de desgaste de los elementos internos de los motores de combustión interna, determinado su cambio antes que falla, es decir sirve para implementar el mantenimiento predictivo.

Se puede llevar un óptimo mantenimiento predictivo con la optimización correcta de los análisis de aceites en campo, maximizando su utilización, es decir no cambiar antes de tiempo, ni cambiar a destiempo

VI. RECOMENDACIONES

Se debe estandarizar la aplicación de los análisis de aceites como una manera de estandarizar su uso, es decir no desechar un aceite que todavía está bueno y no utilizar un aceite que ha perdido sus propiedades.

Las relaciones empíricas obtenidas entre el grado de concentración de las limaduras de fierro y el desgaste de los elementos de una maquina o motor deben ser utilizados para su uso optimo

REFERENCIAS

Echeverri, V. (2014). Estudio de la resistencia al desgaste por abrasión - corrosión en recubrimientos depositados mediante proyección térmica. Universidad de Antioquia, Colombia, 45pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.4995>

Errasti, M. (2014). Caracterización de un motor diésel trabajando con mezclas de aceite de Jatropha y combustible diésel. La Habana, Cuba, 34pp. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012013000300003

Fellmann, H. (2016). Mecanismo habitual del desgaste de válvulas de escape en motores de dos tiempos, México, 38pp. Recuperado de: <http://www.cascosnaval.com/es/pdf/reparaciones-valvulas-2tiempos.pdf>

Hilerio, I. (2016). Influencia de la temperatura del lubricante y carga de operación en el desgaste de superficies metálicas. México, 43pp. Recuperado de: http://materiales.azc.uam.mx/area/Ciencia_Materiales/2260218/ARTICULO-%20Influencia%20de%20la%20oxidacion%20del%20lubricante%20en%20el%20desgaste%20de%20superficies%20metalicas.pdf

Inga, G. (2015). Diseño de una máquina para ensayo de abrasión de elastómeros tipo tambor rotativo, presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 78pp. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3532>

Matos, J. (2014). Desgaste por abrasión del Acero Api 51 X65 Revestido con Niobio por Aspersión Térmica a plasma y con Inconel 625 por Soldadura, 90pp. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/28205/43508>

Osinermin (2015). Informe del sector eléctrico en el Perú en el 2014. Lima, Perú, 78pp. Recuperado de: http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf

Rosario, S. (2015). Mejora de la resistencia al desgaste por abrasión moderado del hierro fundido gris aleado al cobre 3.5% austemperado a 300 °C. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, 52pp. Recuperado de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/3433>

Rodríguez, A. (2014). Análisis del aceite en motores de combustión interna, Madrid, España, 88pp. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702014000300003

ANEXOS

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTROGENO DE 6KW

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP1)			
CLIENTE:	RD RENTAL	MARCA:	CUMMINS
OBRA:		MODELO:	MLT - 4060
FECHA SALIDA	10/06/18	N° SERIE:	1302182
HOROMETRO SALIDA	3250.00	MOTOR:	CUMMINS
CODIGO INTERNO RD	L006-305	MODELO:	L3E
DESCRIPCION	TORRE DE ILUMINACIÓN DE 6 KW	SERIE:	A3277D2



P.J Chosica del Norte Mz1.Lote1
La Victoria-Chiclayo
Telf.: (074) 607395

											Proximo Mto Preventivo 2000 Hrs	
			Último Mantenimiento		Mto Preventivo 500 Hrs		Mto Preventivo 750 Hrs		Mto Preventivo 1000Hrs			
Código RD	CANT	DESCRIPCION	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horomet o	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro
			10/06/2018	3250.0		3500.0		3750.0		4000.0		5000.0
30A4000105	1	FILTRO DE ACEITE	10/06/2018	X		X		X		X		X
16686	1	FILTRO DE COMBUSTIBLE	10/06/2018	X		X		X		X		X
P822686	1	FILTRO DE AIRE	10/06/2018	X		X		X		X		X
505738	1	ACEITE DE MOTOR 15W40 (05 galones)	10/06/2018	X		X		X		X		X
1089238	3.5	REFRIGERANTE VOLVO (5 litros)								X		X
MM433133	1	EMPAQUE DE TAPA DE BALANCVES								X		X
MD079696D	1	FAJA DE VENTILADOR								X		X
5011	1	AGUA DESTILADA (ENVASE 1 LITRO)								X		X

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EXCAVADORA DE 35T

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP4)			
CLIENTE:	RD SUC CHICLAYO	MARCA:	JOHN BELT
OBRA:		MODELO:	350V2
FECHA SALIDA	01/06/18	N° SERIE:	LJ1050251MEX1232
HOROMETRO DE SALIDA	3000	MOTOR:	CAT
CODIGO INTERNO RD	EXC35-02	MODELO:	56.6
DESCRIPCION	Excavadora con brazo corto de 2.63 m y oruga de 800mm	SERIE:	959917



P.J Chosica del Norte Mz1.Lote1
La Victoria-Chiclayo
Telf.: (074) 607395

MEX		JUNIO											Proximo Mto Preventivo 2000 Hrs	
			Ultimo Mantenimiento		Mto Preventivo 250 Hrs		Mto Preventivo 500 Hrs		Mto Preventivo 750 Hrs		Mto Preventivo 1000Hrs			
Código RD	CANT	DESCRIPCION	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro	Fecha	Horometro
EXC35-02		Excavadora con brazo corto de 2.63 m y orugas de 800mm	01-jun-18	3000		3250.0		3500.0		3750.0		4000.0		5000.0
113240-232-2	1	FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
898143-041-0	1	FILTRO COMBUSTIBLE PRINCIPAL	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
MM480590	1	PREFILTRO DE COMBUSTIBLE	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
P537676	1	FILTRO AIRE EXTERIOR	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
P537677	1	FILTRO AIRE INTERIOR	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
15W40	10.5	ACEITE DE MOTOR	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
R90P	1	FILTRO RACOR	01-jun-18	3000		*		*		*		*		*
TRICOOL	8	REFRIGERANTE	01-jun-18	3000								*		*
K3H1025	1	CORREA DE VENTILADOR	01-jun-18	3000								*		*
17X1140	1	CORREA AIRE ACCIONADO	01-jun-18	3000								*		*
6H017730	1	FILTRO DE ACEITE PILOTO	01-jun-18	3000								*		*
KR20710	1	FILTRO RETORNO	01-jun-18	3000								*		*
KR3461	1	FILTRO DEL RESPIRADERO DE AIRE	01-jun-18	3000								*		*
KR3463	1	EMPAQUE DE RESPIRADERO DE AIRE	01-jun-18	3000								*		*
KR2675	1	FILTRO DE ASPIRACION	01-jun-18	3000								*		*
TELLUS 46	48	ACEITE HIDRAULICO	01-jun-18	3000								*		*
80W90	8	ACEITE PARA ENGRANAJES REDUCTORES DE PROPULSION (0	01-jun-18	3000								*		*
		ACEITE PARA ENGRANAJES REDUCTORES DE GIRO	01-jun-18	3000								*		*

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE P	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184008-L006-305	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	GRUPO ELECTROGENO DE 6KW
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	CUMMINS
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	MLT-4060/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite	Referencial
		SAE 15W40	Mín.	Max.
Información de la Muestra	LUBRICANTE	ACCION		
	ESTADO DEL REPORTE			
	LABORATORIO	NEXO CALLAO		
	REPORTE DE LABORATORIO	2863147		
	FECHA DE MUESTREO	15-06-2018		
	FECHA DE RECIBO	20-06-2018		
	FECHA DE REPORTE	22-06-2018		
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3456.0		
	HORAS O KMS DEL ACEITE			
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
Lubricante	ACEITE CAMBIADO			
	FILTRO CAMBIADO			
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO			
	VISC. 40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41	
	VISC. 100°C (cSt)	ASTM D 7279		
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270		
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43	
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06		
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02		
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO	
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95		
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02		
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO			
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	45	
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	7	
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	6	
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	18	
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	3	
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	9	
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	54	
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	25	
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	29	
Lubricante	ANALISIS INFRARROJO			
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412		
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08		
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)			
	>4 um	ASTM D 7596	53554	
	>6 um	ASTM D 7596	31678	
	>10 um	ASTM D 7596	13012	
Lubricante	>14 um	ASTM D 7596	5466	
	>21 um	ASTM D 7596	2142	
	>38 um	ASTM D 7596	162	
	>70 um	ASTM D 7596	15	
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20	

Muestra # 2863147	1. CONTAMINACIÓN:
	Presencia elevada de silicio. Crítico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
	Nivel de limpieza elevado.
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Muestra # 2863147	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.
	3. DESGASTE:
	Desgaste de hierro en crítico. Investigar posibles orígenes.
	4. RECOMENDACIONES:
Muestra # 2863147	Realizar inspección/Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria / Realizar inspección / Continuar con envío de muestra para monitoreo.

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Análisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.

Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell
Av. Contralmirante Mora 687 - Callao

CUENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184059-L006-305	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	GRUPO ELECTROGENO DE 6KW
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	CUMMINS
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	MLT-4060/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite	Referencial
		SAE 15W40	Min.	Max.
Información de la Muestra	LUBRICANTE			
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION		
	LABORATORIO	NEXO CALLAO		
	REPORTE DE LABORATORIO	2863348		
	FECHA DE MUESTREO	5-10-2018		
	FECHA DE RECIBO	09-10-2018		
	FECHA DE REPORTE	15-10-2018		
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3769.0h		
	HORAS O KMS DEL ACEITE			
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
Lubricante	ACEITE CAMBIADO			
	FILTRO CAMBIADO			
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO			
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41	
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279		
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270		
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43	
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06		
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02		
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO	
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95		
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02		
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO			
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	49	
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	8	
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	8	
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	18	
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	3	
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	11	
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	57	
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	27	
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	31	
	ANALISIS INFRARROJO			
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412		
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
Lubricante	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08		
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)			
	>4 um	ASTM D 7596	53554	
	>6 um	ASTM D 7596	31678	
	>10 um	ASTM D 7596	13012	
	>14 um	ASTM D 7596	5466	
	>21 um	ASTM D 7596	2142	
	>38 um	ASTM D 7596	162	
	>70 um	ASTM D 7596	15	
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20	
Muestra # 2863348	1. CONTAMINACIÓN:	Presencia elevada de silicio.Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.		
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.		
	3. DESGASTE:	Desgaste de hierro en critico. Investigar posibles orígenes.		
	4. RECOMENDACIONES:	Realizar inspección./Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria / Realizar inspección / Continuar con envío de muestra para monitoreo.		

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Analisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.
Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell
Av. Contralmirante Mora 687 - Callao

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184090-L006-305	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	GRUPO ELECTROGENO DE 6KW
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	CUMMINS
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	MLT-4060/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite	Referencial
		15W40	Min.	Max.
Información de la Muestra	LUBRICANTE			
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION		
	LABORATORIO	NEXO CALLAO		
	REPORTE DE LABORATORIO	2863415		
	FECHA DE MUESTREO	14-02-2019		
	FECHA DE RECIBO	18-02-2019		
	FECHA DE REPORTE	25-02-2019		
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3983.0h		
	HORAS O KMS DEL ACEITE			
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
Lubricante	ACEITE CAMBIADO			
	FILTRO CAMBIADO			
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO			
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41	
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279		
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270		
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43	
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06		
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02		
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO	
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95		
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02		
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO			
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	55	
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	9	
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	10	
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	20	
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	3	
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	12	
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	59	
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	29	
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	33	
	ANALISIS INFRARROJO			
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412		
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
Lubricante	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08		
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)			
	>4 um	ASTM D 7596	53554	
	>6 um	ASTM D 7596	31678	
	>10 um	ASTM D 7596	13012	
	>14 um	ASTM D 7596	5466	
	>21 um	ASTM D 7596	2142	
	>38 um	ASTM D 7596	162	
	>70 um	ASTM D 7596	15	
	Código ISO	ISO 4406	23/22/20	

1. CONTAMINACIÓN:
Presencia elevada de silicio Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
Nivel de limpieza elevado.

2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Lubricante dentro de los parámetros de servicio.

3. DESGASTE:
Desgaste de hierro en critico. Investigar posibles orígenes.

4. RECOMENDACIONES:
Realizar inspección/Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria/ Realizar inspección / Continuar con envío de muestra para monitoreo.

Muestra #
2863415

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184130-L006-305	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	GRUPO ELECTROGENO DE 6KW
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	CUMMINS
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	MLT-4060/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite	Referencial
			Min.	Max.
Información de la Muestra	LUBRICANTE	15W40		
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION		
	LABORATORIO	NEXO CALLAO		
	REPORTE DE LABORATORIO	2863578		
	FECHA DE MUESTREO	21-06-2019		
	FECHA DE RECIBO	24-06-2019		
	FECHA DE REPORTE	28-06-2019		
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	4267.0h		
	HORAS O KMS DEL ACEITE			
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
Lubricante	ACEITE CAMBIADO			
	FILTRO CAMBIADO			
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO			
	VISC. 40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41	
	VISC. 100°C (cSt)	ASTM D 7279		
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270		
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43	
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06		
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02		
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO	
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95		
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02		
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO			
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	59	
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	2	
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	11	
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	11	
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	2	
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	21	
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	4	
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	13	
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	61	
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	31	
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	33	
Lubricante	ANALISIS INFRARROJO			
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412		
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412		
	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08		
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)			
	>4 um	ASTM D 7596	53554	
	>6 um	ASTM D 7596	31678	
	>10 um	ASTM D 7596	13012	
Lubricante	>14 um	ASTM D 7596	5466	
	>21 um	ASTM D 7596	2142	
	>38 um	ASTM D 7596	162	
	>70 um	ASTM D 7596	15	
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20	

Muestra # 2863578	1. CONTAMINACIÓN:
	Presencia elevada de silicio. Crítico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
	Nivel de limpieza elevado.
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Muestra # 2863578	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.
	3. DESGASTE:
	Desgaste de hierro en crítico. Podría provenir de: cilindros/anillos de pistón/cigüeñal/engranajes/ejes/mábulas.
	Desgaste de aluminio en precaución. Podría provenir de pistones/cojinete de empuje/turbos/arandelas de aluminio.
Muestra # 2863578	4. RECOMENDACIONES:
	Renovar carga de aceite/Realizar inspección/Revisar relación aire/combustible / Revisar filtros de aire / Revisar temperaturas del motor, muy frío promueve la formación de hollín / Continuar con envío de muestra para monitoreo.

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Análisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.

Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184009-EXC35-02	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	EXCAVADORA DE ORUGAS DE 35T
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	LINK BELLT
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	350X2 C6.6/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite		Referencial
			Min.	Max.	
Información de la Muestra	LUBRICANTE	15W40			
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION			
	LABORATORIO	NEXO CALLAO			
	REPORTE DE LABORATORIO	2863148			
	FECHA DE MUESTREO	08-06-2018			
	FECHA DE RECIBO	14-06-2018			
	FECHA DE REPORTE	18-06-2018			
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3245.0h			
	HORAS O KMS DEL ACEITE				
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)				
Lubricante	ACEITE CAMBIADO				
	FILTRO CAMBIADO				
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO				
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41		
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279			
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270			
	T.A.N. (mg/KOH/g)	ASTM D 974	0.43		
	T.B.N. (mg/KOH/g)	SGS-OGC-ME-06			
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02			
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO		
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95			
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02			
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO				
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	34		
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	11		
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	6		
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	2		
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	11		
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	2		
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	7		
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	45		
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	35		
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	29		
	ANALISIS INFRARROJO				
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412			
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
Lubricante	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08			
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)				
	>4 um	ASTM D 7596	53554		
	>6 um	ASTM D 7596	31678		
	>10 um	ASTM D 7596	13012		
	>14 um	ASTM D 7596	5466		
	>21 um	ASTM D 7596	2142		
	>38 um	ASTM D 7596	162		
	>70 um	ASTM D 7596	15		
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20		

Muestra # 2863148	1. CONTAMINACIÓN:
	Presencia elevada de silicio.Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
	Nivel de limpieza elevado.
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.
	3. DESGASTE:
	Desgaste de hierro en critico. Investigar posibles orígenes.
	4. RECOMENDACIONES:
Realizar inspección/Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria / Realizar inspección / Continuar con envío de muestra para monitoreo.	

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184060-EXC35-02	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	EXCAVADORA DE ORUGAS DE 35T
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	LINK BELL T
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	350X2 C6.6/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite		Referencial
			Min.	Max.	
Información de la Muestra	LUBRICANTE	15W40			
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION			
	LABORATORIO	NEXO CALLAO			
	REPORTE DE LABORATORIO	2863349			
	FECHA DE MUESTREO	12-10-2018			
	FECHA DE RECIBO	16-10-2018			
	FECHA DE REPORTE	24-10-2018			
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3369.0h			
	HORAS O KMS DEL ACEITE				
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)				
Lubricante	ACEITE CAMBIADO				
	FILTRO CAMBIADO				
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO				
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41		
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279			
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270			
	T.A.N. (mg/KOH/g)	ASTM D 974	0.43		
	T.B.N. (mg/KOH/g)	SGS-OGC-ME-06			
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02			
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO		
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95			
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02			
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO				
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	39		
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	12		
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	8		
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	2		
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	13		
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	2		
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	9		
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	49		
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	39		
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	31		
	ANALISIS INFRARROJO				
	HOLLIN, A/1 MM	ASTM E 2412			
	OXIDACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
	NITRACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
	SULFATACION, A/1 MM	ASTM E 2412			
Lubricante	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08			
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1mL)				
	>4 um	ASTM D 7596	53554		
	>6 um	ASTM D 7596	31678		
	>10 um	ASTM D 7596	13012		
	>14 um	ASTM D 7596	5466		
	>21 um	ASTM D 7596	2142		
	>38 um	ASTM D 7596	162		
	>70 um	ASTM D 7596	15		
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20		

Muestra # 2863349	1. CONTAMINACIÓN:	Presencia elevada de silicio.Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:	Nivel de limpieza elevado.
	3. DESGASTE:	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.
	4. RECOMENDACIONES:	Desgaste de hierro en critico. Investigar posibles orígenes.
		Realizar inspección/ Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria/ Realizar inspección/ Continuar con envío de muestra para monitoreo.

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184091-EXC35-02	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	EXCAVADORA DE ORUGAS DE 35T
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	LINK BELT
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	350X2 C6.6/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite		Referencial
			Min.	Max.	
Información de la Muestra	LUBRICANTE	15W40			
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION			
	LABORATORIO	NEXO CALLAO			
	REPORTE DE LABORATORIO	2863516			
	FECHA DE MUESTREO	21-02-2019			
	FECHA DE RECIBO	24-02-2019			
	FECHA DE REPORTE	28-02-2019			
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3512.0h			
	HORAS O KMS DEL ACEITE				
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)				
Lubricante	ACEITE CAMBIADO				
	FILTRO CAMBIADO				
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO				
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41		
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279			
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270			
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43		
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06			
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02			
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO		
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95			
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02			
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO				
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	44		
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	14		
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	10		
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	2		
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	14		
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	3		
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0		
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1		
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	10		
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	52		
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	39		
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	33		
	ANALISIS INFRARROJO				
	HOLLIN, A/.1 MM	ASTM E 2412			
	OXIDACION, A/.1 MM	ASTM E 2412			
	NITRACION, A/.1 MM	ASTM E 2412			
	SULFATACION, A/.1 MM	ASTM E 2412			
Lubricante	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08			
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)				
	>4 um	ASTM D 7596	53554		
	>6 um	ASTM D 7596	31678		
	>10 um	ASTM D 7596	13012		
	>14 um	ASTM D 7596	5466		
	>21 um	ASTM D 7596	2142		
	>38 um	ASTM D 7596	162		
	>70 um	ASTM D 7596	15		
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20		

Muestra # 2863416	1. CONTAMINACIÓN:
	Presencia elevada de silicio. Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
	Nivel de limpieza elevado.
	2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
	Lubricante dentro de los parámetros de servicio.
	3. DESGASTE:
	Desgaste de hierro en critico. Investigar posibles orígenes.
	4. RECOMENDACIONES:
Realizar inspección/Investigar los accesorios utilizados para el manejo y aplicación de lubricantes para la componente, los procedimientos de relleno del aceite y el ambiente que rodea la maquinaria/ Realizar inspección / Continuar con envío de muestra para monitoreo.	

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Análisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.

Primax Macro Distribuidor de Lubricantes Shell

CLIENTE/USUARIO	LUBCOM SAC	LUBRICANTE	15W40
DIRECCION	RD RENTAL SAC	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_184131-EXC35-02	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	EXCAVADORA DE ORUGAS DE 35T
REFERENCIA	CHICLAYO	MARCA	LINK BELLT
NRO. LOTE		MODELO / NUMERO DE SERIE	350X2 C6.6/ NO INFORMADO

	METODO	REPORTE	Limite	
			Min.	Max.
Información de la Muestra	LUBRICANTE	15W40		
	ESTADO DEL REPORTE	ACCION		
	LABORATORIO	NEXO CALLAO		
	REPORTE DE LABORATORIO	2863579		
	FECHA DE MUESTREO	14-06-2019		
	FECHA DE RECIBO	16-06-2019		
	FECHA DE REPORTE	22-06-2019		
	HORAS O KMS DEL EQUIPO	3754.0h		
	HORAS O KMS DEL ACEITE			
	ACEITE AGREGADO(RELLENOS)			
Lubricante	ACEITE CAMBIADO			
	FILTRO CAMBIADO			
	ENSAYOS FISICO-QUIMICO			
	VISC.40°C (cSt)	ASTM D 7279	64.41	
	VISC.100°C (cSt)	ASTM D 7279		
	INDICE DE VISCOSIDAD	ASTM D 2270		
	T.A.N. (mgKOH/g)	ASTM D 974	0.43	
	T.B.N. (mgKOH/g)	SGS-OGC-ME-06		
	SPOT TEST (CONTAMINACION)	SGS-OGC-ME-02		
	AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	SGS-OGC-ME-03	NEGATIVO	
Desgaste	AGUA, %V.	ASTM D 95		
	DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	SGS-OGC-ME-02		
	ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO			
	HIERRO (Fe) P.P.M.	ASTM D 5185	49	
	CROMO (Cr) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	NIQUEL (Ni) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ALUMINIO (Al) P.P.M.	ASTM D 5185	14	
	COBRE (Cu) P.P.M.	ASTM D 5185	11	
	PLOMO (Pb) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	ESTAÑO (Sn) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Contaminantes	PLATA (Ag) P.P.M.	ASTM D 5185	3	
	TITANIO (Ti) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MANGANESO (Mn) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	CADMIO (Cd) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	VANADIO (V) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	SILICIO (Si) P.P.M.	ASTM D 5185	15	
	SODIO (Na) P.P.M.	ASTM D 5185	4	
	POTASIO (K) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	BARIO (Ba) P.P.M.	ASTM D 5185	0	
	BORO (B) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
Aditivos	MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	ASTM D 5185	1	
	MAGNESIO (Mg) P.P.M.	ASTM D 5185	12	
	CALCIO (Ca) P.P.M.	ASTM D 5185	54	
	FOSFORO (P) P.P.M.	ASTM D 5185	41	
	ZINC (Zn) P.P.M.	ASTM D 5185	33	
Lubricante	ANALISIS INFRARROJO			
	HOLLIN, A/.1 MM	ASTM E 2412		
	OXIDACION, A/.1 MM	ASTM E 2412		
	NITRACION, A/.1 MM	ASTM E 2412		
	SULFATACION, A/.1 MM	ASTM E 2412		
	DILUYENTE, %V.	SGS-OGC-ME-08		
	CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)			
	>4 um	ASTM D 7596	53554	
	>6 um	ASTM D 7596	31678	
	>10 um	ASTM D 7596	13012	
	>14 um	ASTM D 7596	5466	
	>21 um	ASTM D 7596	2142	
	>38 um	ASTM D 7596	162	
	>70 um	ASTM D 7596	15	
	Codigo ISO	ISO 4406	23/22/20	

1. CONTAMINACIÓN:
Presencia elevada de silicio. Critico podría deberse a contaminación con polvo (Si/Al) y/o deterioro de algún sello.
Nivel de limpieza elevado.

2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Lubricante dentro de los parámetros de servicio.

3. DESGASTE:
Desgaste de hierro en crítico. Podría provenir de: cilindros/anillos de pistón/cigüeñal/engranajes/ejes/válvulas.
Desgaste de aluminio en precaución. Podría provenir de pistones/cojinete de empuje/turbos/árndelas de aluminio.

4. RECOMENDACIONES:
Renovar carga de aceite/Realizar inspección/Revisar relación aire/combustible / Revisar filtros de aire / Revisar temperaturas del motor, muy frío promueve la formación de hollín / Continuar con envío de muestra para monitoreo.

Muestra #
2863579